JAHRGANG XLVIII. 1898. HEFT IV BIS VI.

Das neue Regierungs-Dienstgebäude in Osnabrück.

(Mit Abbildungen auf Blatt 17 bis 19 im Atlas.)

Das neue Dienstgebäude für die Königliche Regierung in Osnabrück ist in den Jahren 1893 bis 1896 errichtet worden. Die genannte Behörde war früher in zwei gesonderten Gebäuden untergebracht; das eine — in der Hakenstraſse — enthielt die Diensträume der drei Abtheilungen und des Bezirksausschusses, das andere — am Domplatze —, einst für das Königliche hannoversche Obergericht bestimmt, die Regierungs-Hauptkasse und das Katasteramt. Die getrennte Lage der Geschäftsräume war für den Dienstbetrieb sehr störend, auch entsprachen Ausdehnung und Zustand der beiden Häuser so wenig den an öffentliche Gebäude zu stellenden Anforderungen, daſs bereits vor etwa fünfzehn Jahren Abhülfe in Aussicht genommen wurde. Die ursprüngliche Absicht, durch einen Umbau des um 1675 als fürstbischöflicher Wohnsitz entstandenen Königlichen Schlosses zusammenhängende Räume für die Regierung zu beschaffen, wurde nach der Aufstellung eines ausführlichen Entwurfes wegen der schlechten Beschaffenheit des alten Baubestandes wieder aufgegeben; die Ausführung eines Neubaues auf einem bereits im Jahre 1876 angekauften fiscalischen Grundstücke am Kanzlerwalle erhielt den Vorzug. Durch den jetzigen Geheimen Ober-Baurath Zastrau wurde hiernach 1892 im Ministerium der öffentlichen Arbeiten ein Entwurf aufgestellt, dessen Ausführung im Anfange des Jahres 1893 der Landtag genehmigte.

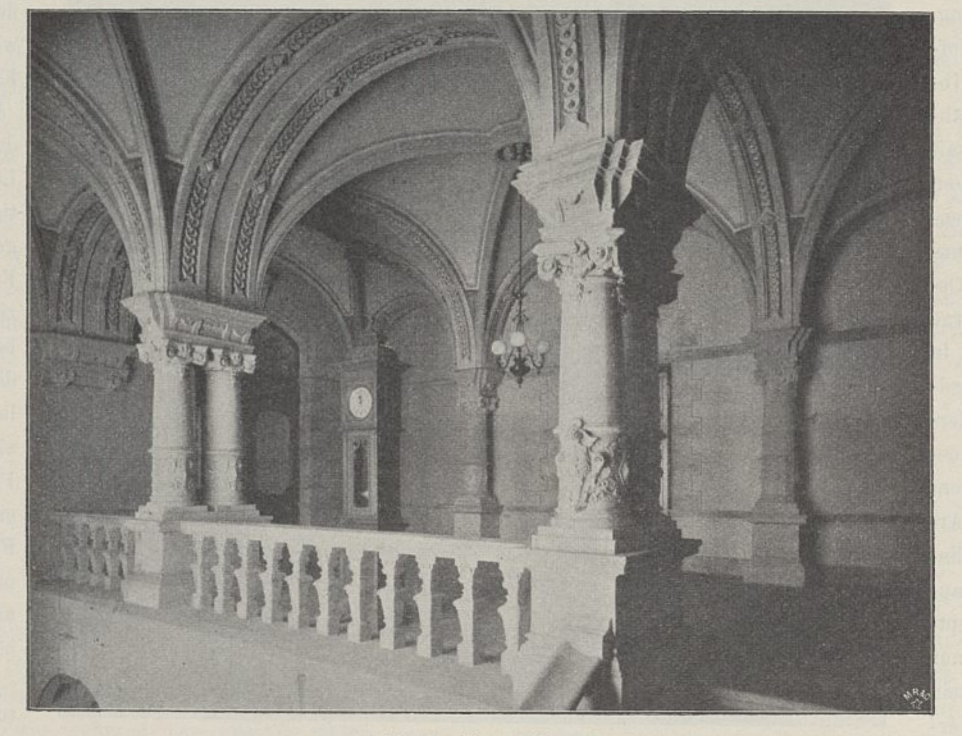


Abb. 1. Treppenhaus.

Die langgestreckte Hauptfront des Gebäudes sieht nach Westen und wendet sich dem Kanzlerwalle zu, einem Theile des mit Gartenanlagen versehenen Promenadenweges, welcher im Zuge der ehemaligen Befestigungen die Stadt im Norden und Westen umgiebt. Südlich führt am Regierungsgebäude die Katharinenstraſse, nördlich die erst theilweise freigelegte Rolandstraſse vorbei; an die Westgrenze stoſsen Nachbargrundstücke an. Der Neubau, welcher keine Dienstwohnung für den Präsidenten enthält, weist am Kanzlerwalle einen breiten, höher geführten Mittelbau mit dem Haupteingange und an den Seitenstraſsen zwei Flügel auf, die an der Hauptfront als Endvorlagen betont worden sind. Zum Hofe führt von der Rolandstraſse aus ein überdeckter Durchgang und von der Katharinenstraſse her eine offene Zufahrt mit eisernem Gitterthore und seitlicher Pforte.

Der Neubau hat über einem durchschnittlich 1 m unter dem Gelände liegenden, 3,30 m hohen Kellergeschosse ein Erdgeschoſs von 4,50 m, ein I. Stockwerk von 4,40 m (im Mittelbau 5,55 m) und einen Drempel von 1,80 m Höhe. An der Hinterfront des Vordergebäudes ist im Drempel noch ein 3,80 m hoher gewölbter Verbindungsgang hergestellt worden, der von den Seitenflügeln zu dem 3,52 m hohen Obergeschosse des Mittelbaues führt. Im Kellergeschosse befinden sich die Dienstwohnungen für den Heizer und zwei Unterbeamte, Wirthschaftskeller und eine Waschküche, sowie die Steindruckerei und die Centralheizung. Das Erdgeschoſs enthält die Räume der Regierungs-Hauptkasse, des Bezirksausschusses und des Katasteramtes, die Bücherei und das Lesezimmer. Im Erdgeschoſs ist eine Dienstwohnung für den Botenmeister vorgesehen. Bei der Anordnung der Kassenräume wurde Werth darauf gelegt, daſs der Verkehr des Publicums die Buchhaltereien, das Landrentmeister- und das Zahl-Zimmer ohne Gegenströmung durchlaufen kann. Der letztgenannte Raum öffnet sich nach dem Corridore mit zwei Thüren, von denen eine als Eingang, die andere als Ausgang dient, sodaſs an den Hauptzahltagen jede Verkehrstörung erfolgreich verhütet werden kann. In den Sitzungssaal des Bezirksausschusses treten dessen Mitglieder durch eine Corridorthür zunächst dem Mittelbau ein; für die Parteien, die Rechtsanwälte und das Publicum ist eine besondere Thür vorgesehen worden. Das an den Sitzungssaal anstoſsende Zimmer des Directors dient zugleich als Berathungszimmer. Das I. Stockwerk enthält im Mittelbau zunächst am Haupttreppenhause die Sitzungssäle für das Plenum und für die Abtheilungen, sowie das Dienstzimmer des Präsidenten, im nördlichen Flügel die Decernenten-Zimmer, Registraturen und

Bureaux der Abtheilung I, im südlichen die gleichartigen Räume der Abtheilungen II und III. Der Verkehr mit den Registraturen vollzieht sich überall auf kurzem Wege, sodafs die Anlage von Actenaufzügen entbehrlich war. Das II. Stockwerk des Mittelbaues enthält die Kanzlei. Für zurückgelegte Acten bieten die Dachböden ausreichenden Raum.

Die mit möglichst wetterbeständigem Gesteine verblendeten Fronten sind in einfachen Formen ausgebildet; nur der Haupteingang, die Bogenfelder über den gekuppelten Fenstern der Endvorlagen und der Mittelgiebel sind mit Laubwerk, dem preufsischen Wappen und den Wappen von sechs Städten des Regierungsbezirkes geschmückt worden. Für die Gliederungen der Strafsenfronten gelangte ein weifsgelblicher Sandstein aus den Brüchen am Regenstein bei Blankenburg a. H., für die Flächenverblendung ein quarzreicher, sehr harter Kohlensandstein von Ibbenbüren zur Verwendung. Die Gliederungen der Hoffronten bestehen aus Ibbenbürener Stein, während die Flächen mit hammerrecht bearbeiteten Kalkbruchsteinen verblendet sind. Solche, in unmittelbarer Nähe von Osnabrück am Westerberge gebrochen, haben — in Verbindung mit Ziegelsteinen — auch zur Herstellung der Hintermauerung und der Zwischenwände gedient. Die Architekturtheile der Eingangshalle, des Vorraumes und des Haupttreppenhauses sind aus Obernkirchener Sandstein hergestellt. Von der Verwendung des bildsameren Baumberger Kalksteines zu den verzierten Mittelsäulen des Haupttreppenhauses mufste aus statischen Gründen Abstand genommen werden. Die erhebliche Belastung, welche durch die Gurtbögen in schräger Richtung auf die Seitenmauern zu übertragen war, gab wegen des mangelnden Widerlagers Anlafs zu einer Hülfsconstruction, durch die nur senkrechter Druck auf die Seitenwände und Mittelsäulen übertragen wird. Die Last der Obermauer und des Daches wurde durch einen dreifachen Träger abgefangen und ohne Hülfe der Gurtbögen unmittelbar auf die Mittelsäulen und die Seitenwände übertragen. Die Kreuzgewölbe sind nicht zur Aufnahme des Fufsbodens benutzt worden; letzterer ruht auf flachen Betonkappen zwischen Nebenträgern, sodafs seine ganze Eigenlast und Belastung sich nur senkrecht auf die Mittelsäulen und Seitenwände überträgt. Die Belastung der Säulen ist hierdurch auf 23 kg für das Quadratcentimeter gestiegen; das Versetzen der Trommeln aus Obernkirchener Sandstein erheischte besondere Vorsicht. Sämtliche Kellerräume, die Eintrittshallen, die Kassen-, Archiv- und Registraturräume, die Corridore und Abtritte sind überwölbt, zum Theil zwischen eisernen Trägern. In den grofsen Registraturräumen, der Bücherei und dem Zeichensaale des Katasteramtes haben die Unterzüge eine mittlere Stütze, bestehend aus zusammengenieteten Winkeleisen und Mittelblechen, erhalten, in unmittelbarer Verbindung mit dem Stege der Träger. Diese Stützen sind zwischen den beiden Geschossen durch je eine schmiedeeiserne wagerechte Platte, in welche zur Sicherung gegen Verschiebungen der kreuzförmige Stützen-Querschnitt eingehobelt ist, mit einander verbunden. Die Stützen wurden mit Drahtputz ummantelt und mit Capitell und Sockelglied versehen. Auf die Ausführung und Sicherung des Schatzraumes der Regierungs-Hauptkasse ist, unter Benutzung der neuesten Erfahrungen, besondere Sorgfalt verwandt worden. Die Räume der Kassenregistratur und des Katasterarchives sind durch eiserne Thüren und Läden, sowie durch kräftige Fenstervergitterungen gesichert worden. Die Fufsböden in den Dienstzimmern und Wohnungen bestehen aus Kiefernholz, die dem Publicum zugänglichen Räume, die Sitzungssäle und das Zimmer des Präsidenten sind mit eichenen Stabböden, die Flure und die Abtritte mit Terrazzo-, die Hallen mit Mettlacher Fliesenböden versehen.



Abb. 2. Plenar-Sitzungssaal.

Die innere Ausstattung des Dienstgebäudes ist möglichst einfach gehalten. Nur die Vorhalle, das Haupttreppenhaus und die Sitzungssäle (vgl. Text-Abb. 1 u. 2) wurden mit einem getönten Wachsfarbenanstrich versehen, unter Hervorhebung einzelner Bautheile, wie der Gewölbeanfänger und Schlufssteine, durch bunte Farben und sparsame Vergoldung. Das grofse fünftheilige Fenster, welches allein Vorhalle und Treppenhaus beleuchtet, ausgeführt von Professor A. Linnemann in Frankfurt a. M., enthält in seinem oberen Theile in farbiger Umrahmung den preufsischen Adlerschild mit seinen Schildhaltern, überragt von der Königskrone. An den Kämpfer des Fensters schliefst sich unterhalb ein Fries, welcher von Kränzen umwundene Schildchen mit den Landesfarben des Königreiches Preufsen, der Provinz Hannover und des ehemaligen Fürstenthumes Osnabrück zeigt. Gehänge leiten zu dem unteren, in grünem Tone rautenförmig verglasten Theile des Fensters hinüber. Die Decken der kleineren Sitzungssäle sind in lichten

Tönen gemalt, die Wände mit Schablonenmustern verziert. Der Hauptsitzungssaal, den eine Betondecke mit Stichkappen schliefst, wurde besser ausgestattet. Ein 2 m hohes, dunkel braunroth getöntes Holzpaneel bedeckt den unteren Theil der braungelb gefärbten Wände; die lichter gestimmte Decke ist in den Gründen der Hohlkehle und der Cassetten mit Mustern auf farbigem Grunde geschmückt. Die Decernentenzimmer wurden tapezirt, alle übrigen Diensträume in Leimfarbe gestrichen. Die Einrichtungsstücke sind für die Sitzungssäle und Decernentenzimmer aus Eichenholz, für die übrigen Diensträume aus Kiefern- oder Tannenholz hergestellt.

Die Erwärmung der Diensträume erfolgt durch eine wegen der langgestreckten Gestalt des Gebäudes in zwei Systemen angeordneten Warmwasserheizung. Die aus je zwei gekuppelten Cornwallkesseln von 13 qm Heizfläche bestehende Kesselanlage ist im Keller da untergebracht worden, wo die Seitenflügel an das Vorderhaus stofsen. Als Heizkörper dienen in den Sitzungssälen und dem Zimmer des Regierungs-Präsidenten Cylinderöfen, in den übrigen Räumen Doppelrohrregister und Rippenheizkörper. Die Doppelrohrregister ruhen auf gufseisernen Consolen an den Wänden, wodurch die Ansammlung von Staub unter den Körpern verhütet und die Anbringung der Register schon vor dem Verlegen der Fufsböden ermöglicht wurde. Besondere Entlüftungseinrichtungen sind nicht vorgesehen; soweit erforderlich, wurden Glasjalousieen in den Fenstern angebracht.

Nach den Bestimmungen der Osnabrücker Sielordnung dürfen nur flüssige Abgänge in die städtischen Canäle geleitet werden. Daher mufsten für die Abtritte gemauerte Gruben angelegt werden, deren Inhalt zeitweise durch Abfuhr beseitigt wird. Die Abtritte werden unter Einschränkung des Wasserverbrauches durch Spülkästen gespült. Die Beleuchtung geschieht durch Auersches Gasglühlicht in den Fluren und Treppenhäusern, den Sitzungssälen, den Registraturen, sowie in den Katasterzimmern, in welchen auch abends gezeichnet werden mufs. Die Sitzungssäle für das Plenum und für die Abtheilungen erhielten Kronleuchter aus Messinggufs, die übrigen Räume Beleuchtungskörper aus Schmiedeeisen mit Kupfertheilen.

Mit der Bauausführung, welche unter dem Baurathe Reifsner der Regierungs-Baumeister Baltzer leitete, wurde am 1. October 1893 begonnen. Die Grundmauern konnten noch in demselben Jahre hergestellt werden; im folgenden gelang es, das Gebäude bis auf den Mittelbau unter Dach zu bringen und vorläufig einzudecken. Die Baumaterialien wurden durch einen am Mittelbau angebrachten, mit einem zweipferdigen Gasmotor betriebenen Aufzug gehoben. Die weitere Vertheilung erfolgte mittels kleiner Handwagen auf Gleisen, welche vom Mittelbau aus die Corridore durchliefen. Die Arbeiten des inneren Ausbaues, welche in den Seitenflügeln bereits im Frühjahr 1895 begonnen waren, konnten im Mittelbau wegen eines Ausstandes der Arbeiter erst im September, nach bewirkter Eindeckung des Daches, in Angriff genommen werden. Trotzdem gelang es, alle Arbeiten bis zur festgesetzten Frist — Anfang Juli 1896 — fertig zu stellen. Die Baukosten waren im ganzen zu 613 200 ℳ veranschlagt, wovon 570 000 ℳ auf das Hauptgebäude und 43 200 ℳ auf die Nebenanlagen und die Einrichtungsstücke entfielen. Bei der Ausführung hat sich eine Ersparnifs von rund 61 000 ℳ ergeben. An Kosten für das Hauptgebäude sind rund 512 000 ℳ erwachsen; für die Nebenanlagen und die Einrichtungsstücke wurden rund 40 000 ℳ verausgabt. Bei einer bebauten Grundfläche von rund 1758 qm und einem umbauten Raume von rd. 26 527 cbm haben die Einheitspreise bei dem Hauptgebäude 291,2 ℳ für 1 qm bezw. 19,3 ℳ für 1 cbm betragen.

Die Hauptfront des Rathhauses in Bocholt.

(Mit Abbildung auf Blatt 20 im Atlas.)

Nachdem die Renaissance sich aufserhalb Italiens seit den ersten Jahrzehnten des sechzehnten Jahrhunderts allmählich der mittelalterlichen Bauweise gegenüber schrittweise Geltung verschafft hatte, gelangte sie während der zweiten Hälfte jenes Jahrhunderts in den einzelnen Ländern zu allgemeiner Entwicklung. Neben Deutschland und Frankreich nahm die neue Kunstrichtung vor allem in Holland einen bedeutsamen Aufschwung und verbreitete sich in der eigenartigen Ausbildung, welche sie hier gefunden hatte, mit grofser Schnelligkeit über den ganzen Norden von Europa.

Ein vortreffliches Beispiel dieser malerischen alten Bauweise bietet das Rathhaus der Stadt Bocholt in Westfalen, welches ganz unter dem Einflusse der holländischen Kunstrichtung entstanden ist, da der früher dem Bisthume Münster zugehörige Ort in dem westlichen Zipfel der Provinz unmittelbar an der holländischen Grenze liegt. Mit der Ausführung des Bauwerkes ist nach chronistischen Mittheilungen am 9. Juni 1618, zu Anfang des dreifsigjährigen Krieges, begonnen, und das Haus ist dann in kürzester Zeit vollendet worden, wie die im Giebel der Hauptfront angebrachte Jahreszahl 1619 erweist. Die Baukosten sollen im ganzen 11 000 preufsische Thaler betragen haben. Das Gebäude hat, vollständig freistehend, eine einfache rechteckige Grundform, mit der Hauptschauseite nach dem Markte hin (vgl. die Abbildung Seite 175). Wie es für die holländische Renaissance fast durchweg Regel ist, zeigt das Bauwerk in seinen Wandflächen Backsteinbau mit Anwendung von Haustein für die Architekturtheile. Von bedeutender Wirkung ist vor allem der mit Kreuzgewölben überdeckte stattliche Laubengang, der sich im Erdgeschofs durch die ganze Front zieht. Er ist in seinen Verhältnissen und Gliederungen aufserordentlich edel empfunden und gehört in seiner eigenartigen Behandlung jedenfalls zu dem Besten, was die deutsche und holländische Renaissance geschaffen haben. Das untere Drittel der Säulenschäfte ist mit reichem Ornament geschmückt, welches nach mittelalterlichem Brauch bei allen Säulen im Muster verschieden ist. Die Leibungsflächen der Arcadenpfeiler zeigen das für das 16. und 17. Jahrhundert bezeichnende Flachornament, bei dem gleichfalls an den einzelnen Pfeilerflächen mit den Mustern gewechselt worden ist.

Ueber der jonischen Säulenstellung der Bogenhalle erhebt sich die Front in zwei Stockwerken, die in ihrer ganzen Breite zwischen den Fenstern mit korinthischen Säulen und Pilastern besetzt sind. Die letzteren sind mit ihrer Halsgliederung und

der schlanken nach unten gerichteten Verjüngung des Schaftes in der freien Art der deutschen Renaissance behandelt. Während das Erdgeschofs die stattliche Höhe von ungefähr 5,2 m besitzt, gehen die beiden oberen Stockwerke nicht über das verhältnifsmäfsig geringe Mafs von 3,6 und 3,3 m hinaus. Im Aeufsern ist dabei eine möglichst grofse Höhenwirkung dadurch angestrebt und erreicht worden, dafs die Brüstungen der Fenster als solche nicht zum Ausdruck gebracht sind, die Geschofstheilungen vielmehr von Oberkante zu Oberkante Brüstung einheitlich zusammengefafst sind. Bei der architektonischen Gestaltung der Fenster ist die mittelalterliche Behandlungsweise beibehalten worden,

Die Steinrahmen der Fenster werden von einem wellenförmigen Backsteinprofil eingefafst, welches mit einem flachen Korbbogen durch die obere Fensterbrüstung bis unter das darüber liegende Brüstungsgesims greift. Im Kämpfer dieser Bögen ist ein schmales Hausteinband als Architrav durchgelegt, sodafs der darüberliegende Theil der Brüstung friesartig auftritt. Dieser Versuch zeigt das Bestreben, die Formensprache der antikisirenden Richtung mit derjenigen der gothisirenden Weise zu verschmelzen; die zwischen den widerstrebenden Elementen versuchte Vermittlung kann jedoch nicht als geglückt bezeichnet werden und läuft auf einen Sieg des mittelalterlichen Prinzipes hinaus.


G. 5551 Bocholt. Rathhaus m/ Marktplatz.

wie dies der nordischen Renaissance eigenthümlich geblieben ist. Sie weisen das übliche steinerne gothische Rahmenwerk mit Kreuzpfosten auf. Leider sind die letzteren (wahrscheinlich zu Ende des vorigen oder Anfang dieses Jahrhunderts) in roher Weise herausgeschlagen und durch Holzfenster ersetzt worden; doch zeigen die erhaltenen alten Steinrahmen noch die profilirten Ansätze der Theilungspfosten. Aus der Anlage derselben ergiebt sich, dafs die oberen Hälften der Fenster mit fester Bleiverglasung in den Steinpfosten versehen waren, während die unteren Flügel mit Holzrahmen (zum Oeffnen) auf der Innenseite in den Falz des Steingewändes schlugen, sodafs die Fensterflügel des unteren Theiles tiefer zurücklagen als die obere, geschlossene Verglasung (s. die Tafel). Wenngleich diese Anordnung gewifs lediglich aus praktischen Rücksichten getroffen ist, wurde durch die verschiedene Lage der Fensterflächen doch jedenfalls eine angenehme Schattenwirkung herbeigeführt.

Denn die zur Anwendung gebrachten Formen des wagerechten antiken Gebälkes sind ohne engeren Zusammenhang zu ziemlich schwächlichen Einzelgliedern aufgelöst. Und das Prinzip des Verticalismus gelangt um so mehr zur Geltung, als die gewählten Verhältnisse auch die Verkröpfung der wagerechten Glieder über der Säulen- und Pilasterstellung nothwendig zur Folge hatten. Wie die Theilungsgesimse der Geschosse also nur als leichte Gurte erscheinen, so erhält selbst das Hauptgesims eine stärkere Betonung erst durch die darunter angeordneten tragenden Löwenkopfkragsteine sowie durch die in unmittelbarer Verbindung mit der Rinnenanlage angeordnete schöne Pfostenbrüstung. Die letztere wird in den beiden Mittelachsen der Front von dem stattlichen, sich in drei Absätzen staffelförmig über der Front erhebenden Giebel durchbrochen. Das reiche Ornament, womit die ganze Fläche des Giebels bedeckt ist, hält sich zwar mit seinen geschwungenen Eckvoluten, Cartouchen usw. durch-

weg in den lustig bewegten barocken Formen, welche zu Anfang des 17. Jahrhunderts den ganzen Norden beherrschten, doch ist die Behandlung im Vergleich zu vielen anderen Denkmälern jener Zeit im ganzen rein und edel. Prächtig sind die Voluten mit ihren Fruchtgehängen, von meisterhafter Eleganz in Zeichnung und Ausführung die der Staffelgliederung entsprechend angeordneten Hermen und Wandpfeiler. Die lebhafte Umrifslinie wird neben den Voluten durch fialenartige Obelisken erhöht, welche auf vasenförmigen Sockeln stehen. Den Mittelpunkt des Giebels bildet, in Hochrelief ausgeführt, eine grofse, den Kampf des hl. Georg mit dem Drachen darstellende Gruppe, welche seitlich von zwei aufrecht stehenden heraldischen Löwen umgeben wird. Die oberste Staffel zeigt in barocker Einfassung das Wappen der Stadt, die Bekrönung des Giebels bildet ein Standbild der Gerechtigkeit. Hinter dem Giebel erhebt sich über der Front in mittelalterlicher Weise das mächtige, steile Dach, das nach den beiden Schmalseiten hin von zwei malerischen Backsteingiebeln abgeschlossen wird. Die Front entbehrt, wie schon oben angedeutet wurde, jeder Gliederung durch vorgezogene Risalite oder dergleichen. Vielmehr ist sie, wahrscheinlich dem unteren Laubengange zu Liebe, von dem alten Meister ganz glatt gehalten, und die Mittelachsen sind nur durch den aufgesetzten Giebel betont. Infolge dessen hat auch das Eingangsportal keine bedeutendere Entwicklung finden können, wie es sonst bei den Werken der deutschen und holländischen Renaissance zumeist der Fall ist. Mit schlichter Pilasterumrahmung liegt es unter der gewölbten Halle und ist, da die Mittelachse vom Mauerpfeiler eingenommen wird, aus der Mitte verschoben. Ein zweites, ähnlich behandeltes Portal weist die Front in einer ihrer rechten Seitenachsen auf. Links vom Beschauer ist vor der zweiten Achse (von der Ecke aus gerechnet) im Hauptgeschofs auf Kragsteinen ein rechteckiger Erker angebracht, der in zierlichster Weise ausgebildet und reich mit Ornamenten geschmückt ist. Er bezeichnet äufserlich die Lage des alten Rathssaales, wie ein derartiger malerischer Ausbau diesem Hauptraume bei den alten Rathhäusern ja selten fehlte. — Leider ist die Hausteinarchitektur der ganzen Front, die in dem zur Verwendung im Aeufseren ganz ungeeigneten Baumberger Kalkstein ausgeführt worden ist, zum Theile stark verwittert. Vor allem hat der schöne Mittelgiebel schwer gelitten. Bei einer etwaigen Wiederherstellung des Baudenkmales wird es darauf ankommen, die alten Theile, soweit es irgend angeht, zu schonen und zu erhalten; denn nur zu oft werden bei derartigen Ausführungen neue Arbeiten anstatt Wiederherstellungen geschaffen, und zwar sind die neuen Leistungen vielfach nicht gerade Verbesserungen der schönen alten Werke.

Die innere Einrichtung des Gebäudes soll dem Vernehmen nach ursprünglich manchen Schmuck an Kaminen usw. aufzuweisen gehabt haben. Leider ist davon nichts mehr aufzufinden. Vielmehr macht das Innere zur Zeit einen überaus kümmerlichen und vernachlässigten Eindruck. Ueber den Verwaltungsräumen der Stadt im Erdgeschofs hat seit einigen Jahrzehnten das Amtsgericht des Ortes in den oberen Geschossen seinen Sitz. Die Friese der alten Thürumrahmungen enthalten eine Reihe von Inschriften in mittelalterlichem Latein, theilweis von recht drastischem, epigrammatischem Inhalt, welche zum Schlusse hier folgen mögen.

Ueber dem Haupteingange zum Rathhause:

„*Unio civium justitiae vinculum,*“

darunter:

„*Ut juste tractem civiles curia causas*
Numine tu fausto me rege christe precor.“

(Einigkeit der Bürger ist der Gerechtigkeit Band.
Dafs ich der Bürger Zwist im Rathhaus billig entscheide,
Dazu mit göttlicher Gnad' lenke mich, Christus, ich bitt'!)

Ueber der Fleischhalle:

„*Neu vendas macras et non pro carnibus ossa*
Quisquis ades lanio, lege monere gravi.“

(Biet hier Magres nicht feil, auch nicht statt Fleisches die Knochen;
Jeglicher Fleischer bedenk dieses sehr ernste Gesetz!)

Ueber der Wache:

„*Ne fors noctivagi nocturna silentia rumpant,*
Advigilo solers martis et arma gero.“

(Dafs nicht schwärmendes Volk uns störe die nächtliche Stille,
Wach' und späh' ich umher, führ' auch die Waffen des Mars.)

Ueber der Wage:

„*Juste deus, qui justa mones libramine justo*
Reddere; sic justum reddo cuique suum.“

(Gnädiger Gott, wie du heifsest zu geben mit richtiger Wage
Richtiges; also ich geb' jedem sein richtig Gewicht.)

Ueber der vormaligen Gerichtsstube:

„*Non tantum Croeso Titan ast servit et Yro,*
Ut referat Praetor sic sacra jura divi“.

(Nicht nur dem Crösus leuchtet Titan, er dient auch dem Irus,
Also der Prätor sprech jedermann heiliges Recht.)

P. Lehmgrübner.

Die Königliche Kunstgewerbeschule in Nürnberg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 21 bis 24 im Atlas.)

Die Anfänge der Nürnberger Kunstgewerbeschule gehen in das zweite Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts zurück. Damals wurde angeregt, im Anschlufs an die in Nürnberg bestehende, im Jahre 1662 nach italienischem Muster gegründete Malerakademie eine neue Anstalt, nämlich eine Zeichenschule zu errichten, die für das Gemeinwesen von besonderem Nutzen sein sollte. Arme Bürgersöhne sollten da ohne viele Kosten im Zeichnen unterrichtet werden, „damit sie hernach zu allerhand Handwerken und Künsten, zu welchen die Zeichenkunst unentbehrlich ist, können gebrauchet werden“. Diese „Kunstgewerbeschule“, wie wir sagen würden, blühte unter der Leitung einer Reihe trefflicher Männer kräftig auf; in den dreifsiger Jahren des vorigen Jahrhunderts waren häufig an die dreifsig Schüler, eine bedeutende Zahl für damalige Verhältnisse, zu verzeichnen. Gegen Ende des Jahrhunderts jedoch machte sich als Folge der Dürftigkeit des damaligen bürgerlichen Kleinlebens ein Rückschritt bemerkbar, und die Anstalt ging, obschon es an Versuchen seitens des Hohen Rathes der Stadt zu neuer Belebung

keineswegs fehlte, unaufhaltsam ihrem Verfall entgegen. — Erst nachdem Nürnberg im Jahre 1806 an die Krone Bayern gefallen war, begann eine neue Zeit des Aufschwunges. Albert Reindel, der vortreffliche Kupferstecher, wurde 1811 Director; die Zeichenschule oder „Akademie" durfte acht Jahre später die oberen Räume der königlichen Burg beziehen und trat 1821 als königliche Kunstschule in einen neuen Entwicklungsabschnitt. 1825 war eine Schülerzahl von achtundvierzig erreicht, und 1833 wurde die nunmehr Kunstgewerbeschule genannte Anstalt in das frühere Landauerkloster verlegt. Hier hat sie sich anfangs unter Reindel, dann unter Kreling und Gnauth stetig gehoben und erweitert, und unter dem letztgenannten Director wurde das der Schule immer noch anhaftende akademische Gepräge vollends beseitigt. Die Zahl der Schüler wuchs beständig, beim Ableben Gnauths belief sie sich bereits auf etwa 130. Auf die von dem Genannten vorgenommene Reorganisation der Anstalt näher einzugehen ist hier nicht der Ort. Erwähnt sei in geschichtlicher Beziehung nur noch, dafs nach Gnauths Tode der im vorigen Jahre verstorbene Karl Hammer Director der Schule wurde, und dafs sich die Besucherzahl derselben in den letzten Jahren auf einem Durchschnitt von etwa 200 Schülern gehalten hat.

Dieser Stärke des Besuches waren die baulich überdies völlig unzureichenden Räumlichkeiten des Landauerklosters in keiner Weise mehr gewachsen. Die Unzuträglichkeiten steigerten sich in einem Mafse, dafs ein Neubau unvermeidlich wurde, und so beschlofs die Königliche Staatsregierung, einen solchen in der im Südosten Nürnbergs gelegenen Marienvorstadt zwischen der Flaschenhofstrafse und dem linken Pegnitzarme zu errichten und Entwurf und Ausführung dem seit Jahren an der Anstalt segensreich als Lehrer wirkenden Professor Konradin Walther in Gemeinschaft mit dem Director Hammer zu übertragen.

Der Bauplatz ist sehr günstig gewählt. Die Gegend, in der er liegt, ist gesund. Das für die Anstalt wichtige Nordlicht kann nicht verbaut werden, da der vorliegende, an dieser Stelle ziemlich breite Pegnitzgrund städtisches Eigenthum ist und voraussichtlich mehr und mehr in Anlagen verwandelt wird (vgl. Text-Abb. 1). Der Neubau hatte ursprünglich unmittelbar an der nur 15 m breiten Flaschenhofstrafse geplant werden müssen. Noch in letzter Stunde ist es aber gelungen, ihn um 6 m gegen die Pegnitz hin zurückzuschieben, sodafs nunmehr durch die Strafsenerweiterung ein genügend freier, der Höhen- und Frontentwicklung des Gebäudes entsprechender Raum vor diesem gewonnen ist. Die Hauptgesichtspunkte, nach denen der seit Mitte vorigen Jahres vollendete Bau entworfen worden ist, entnehmen wir ebenso wie einen Theil der vorstehenden und nachfolgenden Ausführungen einer Denkschrift, mit welcher s. Z. der Entwurf des Neubaues erläutert und begründet wurde, um vom Landtage die nöthigen Mittel zum Bau bewilligt zu bekommen. Sie enthalten folgende Forderungen:



Abb. 1. Ansicht von Nordwesten.

„1. Möglichst klare Disposition der Räume, wobei auf deren gute Beleuchtung besonders zu achten ist. Die Treppen müssen gut vertheilt und leicht zu finden sein.

2. Die Schulräume sind so grofs vorzusehen, dafs sie nicht blofs dem augenblicklichen Bedürfnifs genügen, sondern auch bei voraussichtlich steigender Frequenz für eine gröfsere Schülerzahl ausreichen.

3. Für jedes Lehrfach sind besondere Räumlichkeiten vorzusehen und diese in möglichst directe Verbindung mit den zugehörigen Professorenateliers zu bringen.

4. Die Modellirsäle müssen, soweit irgend möglich, im Parterre untergebracht werden. Da in diesen Räumen viel mit Wasser hantirt wird, könnten, wenn die Räume in den oberen Stockwerken lägen, die Gebälke dieser Stockwerke Noth leiden. Im Parterre liegen diese Räume auch näher bei der Gipsgiefserei, die ja unbedingt im Erdgeschofs untergebracht werden mufs.

5. Die Malsäle sowie diejenigen Räume, in welchen nach Gipsmodellen gezeichnet wird, ferner die Professorenateliers sind, soweit es irgend möglich ist, nach Norden zu legen, um für diese Räume ein möglichst gleichmäfsiges Licht zu erzielen.

6. Die Räume für die Abendschule, welche am besten nach Süden liegen, müssen so angeordnet werden, dafs sie durch



Abb. 2. Haupteingang in der Südfront.

in den Corridoren anzubringende Gitterthore vollständig von den übrigen Räumen der Schule abgesondert werden können."

Die Abbildungen auf Bl. 22 und 23 lassen erkennen, wie diesen Programmforderungen entsprochen worden ist. Der Haupteingang des Gebäudes befindet sich in der den Verkehr hauptsächlich zubringenden Flaschenhofstrafse. Drei Nebeneingänge führen an der Nordfront und in den Treppenhäusern der Ost- und Westfront zum Untergeschofs; ein vierter, auf der Westseite, dient hauptsächlich dazu, grofse Modelle nach der Gipsgiefserei und dem Aufzuge zu schaffen. Durch den Haupteingang gelangt man zunächst in eine geräumige Vorhalle und von da auf einer sich in zwei Arme theilenden Treppe nach den 4 m breiten, nahe der Treppe mit Windfangthüren versehenen Haupt-Flurgängen des Erdgeschosses. Dem Haupteingange gegenüber führt eine Thür zum Hofe. An den Enden des vorderen Flurganges liegen in gerader Richtung die beiden bis zum Dachboden führenden Haupttreppen des Gebäudes. Eine dritte Treppe in der Mitte des Nordflügels am Hofe hat nur den nebensächlichen Zweck, bei dem Verkehr zwischen den verschiedenen Stockwerken allzugrofse Wege abzukürzen, und ist deshalb als Wendeltreppe mit 1,5 m Laufbreite angelegt. Die Flurgänge des Nord-, West- und Ostflügels sind nur 3 m im lichten breit. Alle vier Gänge umschliefsen einen geräumigen Hof von 41,5 m Länge und 17,5 m Breite; die rechteckige Form dieses Hofes ist nur in der Mitte seiner Nordseite durch einen Einbau unterbrochen, der die eben erwähnte Wendeltreppe sowie einerseits die Lehreraborte, anderseits Geräthеräume enthält. Die Schüleraborte befinden sich in allen drei Geschossen nördlich neben den Haupttreppen. Rechts von der Eingangshalle liegen die Geschäftszimmer des Directors, links befindet sich der Dienstraum des Hausmeisters in Verbindung mit dessen Wohnung im Untergeschofs. In letzterem haben aufserdem noch im Südflügel die Modelltischlerei und die Räume für die Centralheizung ihren Platz gefunden. Im Ost- und Westflügel liegen Räume zur Aufbewahrung von Gipsmodellen und eine Waschküche, im Nordflügel Gelasse zur Aufbewahrung von Schülerarbeiten und die Gipsgiefserei. Das Erdgeschofs enthält die Modellirsäle, die Lehrzimmer für Ciseliren und den Vorcursus, sowie die Ateliers der betreffenden Professoren und Lehrer. Die Anordnung der beiden oberen Stockwerke ist im allgemeinen dieselbe wie im Erdgeschofs, nur dafs dort der 4 m breite Flurgang des Südflügels als solcher in Wegfall kam. Der hierdurch gewonnene

Raum wurde theilweise zur Erweiterung der Zeichensäle für die Abendschule verwandt, der Rest im ersten Stock der Bücherei und im zweiten Stock dem Ausstellungsraume zugeschlagen. Das Dachgeschofs enthält in den Aufbauten noch einige Reserveräume und in der Mitte der Südfront den grofsen Vortragsaal.

Bei der künstlerischen Gestaltung des Baues wählte man mit Rücksicht auf den Zweck und die verfügbaren Mittel eine möglichst knappe Ausdrucksweise und vermied allen unnützen Prunk im Inneren sowohl wie am Aeufseren. Selbst da, wo das Hervorheben irgend eines Bautheiles durch Anwendung von schmückender Zuthat unentbehrlich schien, um den Bau vor dem Eindruck der Langeweile zu bewahren, wurde dieser Schmuck in möglichst knapper Form gehalten. Der Hauptnachdruck wurde bei der äufseren Erscheinung auf die Gruppirung und die Verhältnisse der Baumassen, auf die gute Vertheilung von Lichtöffnung und Mauerfläche, sowie auf die Umrifslinie des ganzen Baues gelegt; im Innern war das Augenmerk vornehmlich auf die Ausgestaltung der Eingangshalle, der Flurgänge und der Treppenhäuser gerichtet, wobei auf eine folgerichtige Ueberführung dieser Räume ineinander besonderer Werth gelegt wurde.

Den hervorragendsten Schmuck des Aeufseren zeigt der in der Mitte der Südfront gelegene Haupteingang, der mit den beiden die Eingangshalle erleuchtenden Fenstern architektonisch zu einer einheitlichen, der langen, breitgelagerten Hauptfront entsprechenden Gruppe zusammengefafst ist (Text-Abb. 2 und Bl. 21 Abb. 1). Vier Dreiviertelsäulen mit verziertem unteren Schafttheil tragen ein ebenfalls ornamentirtes Gebälk, auf dem ein mit Cartouchen- und Wappenwerk reichgeschmückter Aufsatz ruht. Durch das inmitten über dem Eingange von zwei Löwen gehaltene bayerische Staatswappen ist das Gebäude als ein staatliches gekennzeichnet, während die rechts und links über den Fenstern angebrachten Nürnberger Wappen darauf hinweisen, dafs das Gebäude besonders der Stadt zu Nutz und Frommen erbaut wurde. Im Fries des Gebälkes läfst die Inschrift „Königliche Kunstgewerbeschule Nürnberg" den Zweck des Gebäudes erkennen. Aufserdem sind über den Fenstern Broncetafeln mit Inschriften angebracht, deren eine den Schülern sagt, inwieweit sie in dem Gebäude Förderung ihrer Bestrebungen zu erwarten haben und was sie selbst zur Erreichung ihrer Ziele beizutragen haben; sie ist von dem städtischen Archivrath Mummenhoff verfafst und lautet:

„Die Pfade in der Künste Reich,
wir können sie nur zeigen.
Du selber mufst die Wege gehen,
Dich selbst erkennen und verstehen,
dann wirst Du wachsen, steigen."

Die Tafel auf der rechten Seite trägt die Bauinschrift:

„Unter Prinz Luitpold, des
Königreichs Bayern Verweser,
nach den Entwürfen von
C. Walther und Carl Hammer
1894 begonnen, 1897 vollendet."

Neben diesem decorativen Schwerpunkte der Front zeigen lediglich die die seitlichen Gebäudevorsprünge abschliefsenden Giebel sowie die zwischen diesen liegenden Theile, und zwar an der Südseite wie an der Nordseite, mit ihren Mittelaufsätzen bescheidenen architektonischen Schmuck. Die Umrifslinien der Giebel sind durch Volutenverzierungen und Obelisken gebildet. Bei dem Mitteltheile der Südfront sind die Fensterpfeiler im ersten Stock mit dorischen, im zweiten Stock mit ionischen und im mittleren Aufbau mit korinthischen Dreiviertelsäulen besetzt, das Hauptgesims zu Seiten des Mittelaufsatzes schliefst mit einer Balustrade ab. An der Nordfront (Text-Abb. 1) treten an Stelle der Dreiviertelsäulen einfache Lisenen. In den oberen Geschossen der Südfront (Abb. auf Bl. 21) wurden des besseren Aussehens wegen, und weil dort keine Räume liegen, denen ein getheiltes Licht Nachtheile bringt, die Fenster viereckig gestaltet und mit Steinkreuzen und eichenen Fensterflügeln versehen; die Fenster der West-, Nord- und Ostseite sind dagegen grofse Bogenfenster ohne Steinkreuze und haben eine Verglasung zwischen Eisenrahmen, um für die Lehrsäle und Ateliers möglichst gutes, ungetheiltes Licht zu erzielen.

Die Süd- und Nordfront sind in Nürnberger röthlichem Sandstein hergestellt. Bei der Ost- und Westseite, von den Treppenthürmen bis zur Nordfront, sind nur die Fenstereinfassungen, das Sockelgeschofs, die Ecken und das Hauptgesims aus diesem Stein hergestellt, während die Mauerflächen aus gewöhnlichem Backsteinmauerwerk mit „verbandeten" Fugen bestehen. Die Absicht war, die Seitenfronten in ihrer Bedeutung zurücktreten zu lassen und Eintönigkeit zu vermeiden. Die Hoffronten sind wieder ganz in Sandstein ausgeführt. Sie zeigen in allen drei Obergeschossen die gleichen Segmentbogenfenster, im Sockelgeschofs dagegen kleinere viereckige verdoppelte Fenster. Mit kleineren Fenstern versehen ist auch der Ausbau auf der Nordseite, der nach oben mit einem durch ein einfaches, in Voluten endigendes Band verzierten Giebel abschliefst. Durch die bescheiden geschmückte Pforte in diesem Ausbau und durch die etwas reicher behandelte Hofthür im Südflügel werden die unteren Theile der im übrigen gleichmäfsig durchgeführten Hofarchitektur unterbrochen. Die Dächer sind mit dem für die Altnürnberger Bauweise bezeichnenden Ziegeldoppeldach gedeckt; nur die Laternen der Aufbauten in der Mitte der Süd- und Nordfront haben Kupferdeckung.

Dem Aeufseren entsprechend ist auch die innere Ausstattung mafsvoll gehalten. Der Hauptnachdruck wurde auf die Eingangshalle als den eigentlichen und einzigen Repräsentationsraum gelegt. Hier bestehen die Säulen vor den Treppenaufgängen, die Treppenstufen, Wangen und Balustraden, ferner die Wandpfeiler und Kragsteine, welche die Gewölbe tragen, sowie sämtliche Thür- und Fensterumrahmungen, die Brüstungsverkleidungen, die Umrahmungen der Anschlagtafeln und die Sitze in den Fensternischen aus polirtem Salzburger, und zwar theils aus Adneter, theils aus Untersberger Marmor. Die Wände und Gewölbe sind verputzt und vorläufig nur getüncht; sie sollen später von tüchtigen Schülern der Anstalt unter Leitung des betreffenden Fachlehrers bemalt werden. Aufser der Eingangshalle haben nur noch die Flurgänge und die beiden Haupttreppen eine bessere, wenn auch einfache Ausstattung erhalten. Die Flurgänge sind durchweg mit Kreuzgewölben überdeckt. Alle Thürumrahmungen und Durchgangsöffnungen sowie die Fufssockel sind aus dem feinkörnigen rothen Mainsandstein hergestellt. Um Abwechslung hereinzubringen, zugleich aber auch um das Zurechtfinden im Gebäude zu erleichtern, wurden die nach den Professorenateliers führenden Thürumrahmungen reicher ausgebildet als diejenigen, welche in die Lehrzimmer oder in untergeordnete Räume gehen. Beide Gruppen zeigen dadurch wieder Abwechslung, dafs für jede von ihnen vier verschiedene Muster zur Ausführung kamen. Aufserdem ist die Thürumrahmung nach dem Directionszimmer durch besonders reichen architektonischen Schmuck ausgezeichnet. Die Thürflügel aller dieser Thüren bestehen aus Eichenholz und haben nach besonderen Zeichnungen

angefertigte verzinnte Schmiedeeisenbeschläge in ebenfalls verschiedenen Mustern. Auch die schmiedeeisernen Wandarme für Glühlichter in den Flurgängen und Treppen wurden nach besonderer Zeichnung ausgeführt und farbig behandelt. Der Fufsboden der Flurgänge besteht aus rothen Thonfliesen. Beide Haupttreppen zeigen doppelarmige Anlage mit durchbrochener Zungenmauer aus Mainsandstein. Die Treppenläufe sind mit steigenden, zwischen Gurtbögen eingespannten Kreuzgewölben unterwölbt; die Treppenabsätze haben Sterngewölbe. Die übrigen Räume sind in allereinfachster Weise ausgestattet.

Die einfache ungekünstelte Grundrifsanordnung des Hauses bedarf angesichts der Abbildungen auf Blatt 22 u. 23 keiner weiteren Erläuterung. Der bei aller bürgerlichen Behäbigkeit und Schlichtheit sehr stattliche und eindrucksvolle Aufbau des Gebäudes aber zeigt, wie wohlgethan es ist, auch für derartige öffentliche ausgedehnte und breitgelagerte Bauwerke an die dem deutschen Empfinden ungemein zusagende Bauweise der noch ganz auf der mittelalterlichen Ueberlieferung fufsenden Renaissance anzuknüpfen; und zwar besonders in Nürnberg, wo es für diese einfachen, derben und kraftvollen Formen einen vorzüglich geeigneten weichen und grobkörnigen Sandstein giebt, und wo es vor allem gerade jene Bauweise ist, die der Stadt heute noch ihr eigenartiges, anmuthendes Gepräge verleiht, das zu erhalten und durch passende Zubauten zu befestigen für jeden Einsichtigen Pflicht ist.

In technischer Hinsicht sei noch erwähnt, dafs alle Geschosse mit Ausnahme des zweiten Stockwerkes feuerfeste Decken erhalten haben. Die Fufsböden bestehen aus buchenen Riemen. Die Wände und Decken sind zunächst überall einfach glatt geputzt und getüncht; für die Ausschmückung einzelner Räume durch Stuckwerk und Malerei soll mit der Zeit von der Schule selbst gesorgt werden, weil sich in diesen Arbeiten zugleich lehrreiche Aufgaben für die Schüler darbieten. Die Erwärmung des Hauses erfolgt mittels Dampfniederdruck-Luftheizung, die Beleuchtung mittels elektrischen Lichtes im Anschlufs an die städtische Centrale. Mit Wasserleitung ist das Gebäude selbstverständlich versehen. Die Bauzeit betrug 3 Jahre. Die Baukosten beliefen sich auf 893000 ℳ; bewilligt waren vom Landtage 900000 ℳ. Als Bauführer stand den Erbauern der Architekt B. Scheck zur Seite.

Die Küsterwohnung an der St. Florinskirche in Coblenz.

(Mit Abbildungen auf Blatt 25 im Atlas.)

In der Küsterwohnung von St. Florin besitzt Coblenz sein ältestes Wohnhaus. Zwar scheint die Anlage ursprünglich nicht zu Wohnzwecken geschaffen zu sein; denn die Säulen- und Pfeilerstellungen im Haupt- bezw. Obergeschofs an den Langwänden lassen die Räume zu Wohnzwecken wenig geeignet erscheinen, jedenfalls erschweren sie ein bequemes Aufstellen der häuslichen Möbel. Man darf daher annehmen, dafs das Hauptgeschofs als Sacristei für die Florinskirche gedient hat, und dafs in den tiefen Wandnischen die grofsen Paramentenschränke aufgestellt waren. Dafür spricht auch der Umstand, dafs die jetzige Sacristei in spätgothischen Formen, also erheblich später gebaut ist als die Kirche, welche derbe romanische Bauformen zeigt.

Das Erdgeschofs war früher eine offene Bogenhalle, vielleicht ein Stück eines nicht mehr vorhandenen Kreuzganges; die jetzige äufsere Abschlufswand ist später eingesetzt. Zum Hauptgeschofs gelangt man auf einer — ebenfalls neuen — Freitreppe. Eine Fachwand trennt dieses Geschofs in zwei Theile, von denen der vordere, jetzt Küche, einen schönen, wenn auch sehr einfachen Kamin aufweist. Im Grundrifs nach dem Viertelkreis gestaltet, baut dieser sich auf zwei Wandsäulen auf als rundbogige Haube, die von einem spitzbogig profilirten Gurtgesims umzogen ist. Hier dürfte der Aufenthalt der Mefsdiener gewesen sein, während der zweite, gröfsere und besser ausgestattete Raum die eigentliche Sacristei war; wenigstens giebt die verschiedene Architektur der beiden Räume Anlafs zu der Vermuthung, dafs an der Stelle der jetzigen (neuen) Fachwand auch früher eine Trennungswand in irgend welcher Form bestanden hat. Die beiden Joche sind hier von spitzbogigen Gewölben überspannt mit ebenfalls nach dem Spitzbogen profilirten Gurt- und Gratbögen, die beiderseits auf vorgelegten Wandsäulchen aufsetzen. Zum oberen Geschofs führt eine Steintreppe, die theils in der breiten Nische, theils mit möglichster Raumersparnifs in der Mauerdicke angelegt ist. Das Obergeschofs ist wieder mit einfachen scharfgratigen Gewölben überdeckt und enthielt ehedem wohl ebenfalls Paramentenschränke.

Die Façade weist ausgesprochen senkrechte Gliederung auf, bewirkt durch drei bis zum Hauptgesims durchschiefsende Lisenen, deren unaufhaltsames Aufstreben die zwischengespannten Blendbögen um so deutlicher hervortreten lassen. Im übrigen zeigt die Front in den Fensterachsen sowohl wie in der verschiedenen Breite der Lisenen grofse Willkür und bringt die Anordnung des Innern keineswegs bezeichnend zum Ausdruck. Ebenso ist die im dreifachen Rundbogen geschlossene Blende der Giebelansicht ohne ersichtlichen Grund aus der Fensterachse verschoben.

Für die Zeitstellung des Baues geben die Gewölbe des Hauptgeschosses einen sicheren Anhalt, denn sie offenbaren eine entschieden frühgothische Tendenz. Die Erbauung darf daher etwa um das Jahr 1220 angenommen werden. Als Bausteine sind Tuffziegel verwandt. Der jetzige Zustand des Gebäudes ist gut; nur ist sehr zu tadeln, dafs vor kurzer Zeit nicht nur die Wände, sondern auch die Gewölbe mit ihren Graten und Gurtbögen im Hauptgeschofs übertapezirt worden sind. Eine einfache und würdige Ausmalung liefse sich mit ganz bescheidenen Mitteln leicht bewerkstelligen, und der Anblick des Raumes würde das Auge des Kunstfreundes dann nicht mehr, wie es jetzt der Fall ist, verletzen.

L. Schweitzer, Regierungsbauführer.

Betonbrücke mit Granitgelenken über die Eyach bei Imnau in Hohenzollern.

Vom Landesbaurath Max Leibbrand,
mitgetheilt vom Ober-Ingenieur Alfred Gaedertz.

(Mit Abbildungen auf Blatt 26 im Atlas.)

In den letzten Jahren hat die wiedererstandene Vorliebe für massive Brücken eine verhältnifsmäfsig bedeutende Anzahl derartiger Bauwerke entstehen lassen, unter denen sich solche mit ganz bedeutenden Spannweiten befinden. Eine Zusammenstellung der hervorragenderen neueren Bauwerke dieser Art findet sich in dem vom Präsidenten K. v. Leibbrand herausgegebenen 7. Hefte des Werkes „Fortschritte der Ingenieurwissenschaften", worin insbesondere auch die Anwendung von Gelenken aus Eisen oder Blei besprochen wird. In diesem Buche ist auch (s. S. 70 — 73) der im Jahre 1895 ausgeführten Brücke von 43,3 m Spannweite über die Donau bei Inzigkofen Erwähnung gethan, welche besonders charakteristisch für neuere Brücken dadurch geworden ist, dafs die Gelenke offen in Erscheinung treten und dauernd wirksam bleiben. Die Inanspruchnahme der gufseisernen Gelenke ist zu 283 at auf Druck und 127 at auf Biegung angegeben.*) (Sieh auch Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1896, Seite 279 und Génie Civil, Tome XXX Nr. 22.)

Die Erwägung, dafs eiserne Gelenke hohe Kosten verursachen und dafs die Unterbrechung des massiven Bogens durch eiserne Theile dem aesthetischen Empfinden nicht geläufig ist, haben den Erbauer der Inzigkofer Brücke, Landesbaurath M. Leibbrand in Sigmaringen, veranlafst, bei dem Baue der 30 m weiten, massiven Bogenbrücke im Zuge der über die Eyach bei Imnau (Hohenzollern, 6 km von der Bahnstation Eyach der Linie Tübingen — Horb) führenden Vicinalstrafse die Gelenke aus Stein herzustellen. Um hierbei die Gewähr zu haben, dafs die Gelenke den Bewegungen des Bogens auch in Wirklichkeit folgen können, wurden zwischen den polirten Gelenkflächen dünne Bleieinlagen angeordnet, die gewissermafsen als dauerndes Schmiermittel wirken, während bei den Bleigelenken, wie sie vom Präsidenten v. Leibbrand bisher angewandt wurden, die Bleieinlagen selbst als Gelenke zu wirken haben. Da, wie aus der Anordnung der Gelenke (sieh Abb. 7 Bl. 26) hervorgeht, den Gelenkquadern sowohl in Bezug auf Biegungs- als auf rückwirkende Festigkeit hohe Inanspruchnahmen zugemuthet werden müssen, wurde für dieselben Granit zur Ausführung gewählt und wurden eingehende Versuche sowohl über die Biegungs- und die rückwirkende Festigkeit als auch über die Elasticität des zur Verwendung gewählten Granits, sowie schliefslich über die Wirksamkeit der Bleieinlagen angestellt.

Wir werden weiter unten auf diese theils vom Baudirector C. v. Bach in Stuttgart, theils vom Professor Föppl in München vorgenommenen Versuche zurückkommen.

Die Imnauer Brücke trat an Stelle einer durch die bekannten verheerenden Hochwasser der Eyach im Jahre 1895 zerstörten Jochbrücke. Um künftigen Hochwassern, die bei 4 mm Gefälle eine Geschwindigkeit von rund 5 m haben, möglichst wenig Angriffspunkte zu bieten, konnte nur eine Brücke mit einer Oeffnung zur Erwägung kommen. Obgleich die Gründungsverhältnisse für eine Bogenbrücke ungünstige sind, ergaben vergleichende Berechnungen, dafs eine Gewölbeconstruction billiger herzustellen war, als eine eiserne Fachwerkbrücke, wenn hierbei der Entwurf der Bogenbrücke so gestaltet wurde, dafs

1. durch die möglichste Entlastung in der Nähe des Gewölbescheitels und durch Concentrirung der Eigenlast an den Kämpfern und in den Widerlagern die senkrechten Seitenkräfte der Fundamentdrucke möglichst grofs gegenüber den wagerechten Seitenkräften wurden, und

2. durch die Anordnung von Gelenken etwaigen Bewegungen der Widerlager von vornherein ihre gefährliche Wirkung auf die Standfestigkeit des Gewölbes genommen war.

Für die Brücke, für die bei 2,5 m Fahrbahnbreite mit beiderseitigen Gehwegen von je 0,75 m Breite eine Gesamtnutzbreite von 4 m bei den geringen verfügbaren Mitteln genügen mufste, ergaben sich auf Grund des oben Angeführten folgende Anordnungen:

1. Für die Gehwege wurden flache Gewölbe zwischen in Abständen von 1,7 m quer zur Brücke gelegte Zoreseisen betonirt, welche auf die ganze Breite der Gehwege über die Brückenstirnen hervorstehen.

2. Das Gewölbe, im Scheitel nur mit der Breite der Fahrbahn 2,5 m beginnend, erbreitert sich bis an die Kämpfer hin auf 3,5 m, wodurch neben der Verschiebung des Schwerpunktes der Eigenlast in die Nähe der Kämpfer eine wirksame Versteifung der Brücke gegen Winddruck, Hochwasser und Eisstofs erzielt ist. So wurde es auch möglich, das Gewölbe ohne Gefahr für seine Standfestigkeit in der Nähe der Kämpfer ins Hochwasser eintauchen zu lassen.

3. Zur Verminderung des Seitenschubes wird die Brückenfahrbahn, soweit sie nicht unmittelbar auf dem Gewölbe ruht, nur durch einzelne über die ganze Breite des Gewölbes reichende, 0,5 m breite Pfeiler unterstützt. Diese Pfeiler verjüngen sich vom Gewölberücken ausgehend bis auf die Breite von 2,5 m und sind durch 1,2 m weite Stichbogengewölbe verbunden.

Die verlorenen Betonwiderlager, in mehr als doppelter Breite des Gewölbescheitels, stützen sich am linken Ufer auf 41 Pfähle von 25 cm Stärke und von rund 4 m Länge, während auf dem rechten Ufer das Widerlager unmittelbar auf den Kiesgrund sich stützt. Da der Untergrund sich als wenig tragfähig erwies, wurden die Fundamentflächen so grofs angeordnet, dafs die Kantenpressung beim rechten Widerlager 2,2 at beträgt, während auf einen Pfahl des linken Widerlagers 15 t kommen.

Sowohl die Kämpfer- wie Scheitelgelenke bestehen aus Granitquadern von je 0,5 m Breite, senkrecht zur Gewölbestirne gemessen, welche dicht neben einander versetzt sind. Dieselben sind mit cylindrischen, 0,1 m breiten polirten Berührungsflächen versehen (Abb. 7 Bl. 26), zwischen welchen sich Bleieinlagen von 5 mm Stärke befinden. Zwischen die Bleieinlagen und die

*) Die dortige Angabe, dafs die Gelenke je 2000 bis 3000 ℳ gekostet haben, ist dahin richtig zu stellen, dafs dieselben zusammen 3000 ℳ gekostet haben. Bei einer Inanspruchnahme des Gufseisens bis 300 at auf Biegung, was zulässig ist, hätten dieselben für 2000 ℳ hergestellt werden können bei 10000 kg Gesamtgewicht.

Quader sind Kupferbleche eingelegt zur Verhinderung des Eindringens des Bleies in die Poren der Steine. Die an den Stirnen befindlichen Quader sind wie die Gewölbestirnen profilirt. Die Quader wurden vor dem Versetzen nach Einlage des Bleies mit eisernen Schraubenbolzen fest verschraubt und diese Bolzen erst vor dem Ausschalen des Gewölbes entfernt.

Die Abmessungen der Brücke nach der Ausführung sind die folgenden:

Lichtweite zwischen den Widerlagergelenken . .	30,00 m
Pfeilhöhe des Bogens, zwischen den Gelenken gemessen	3,00 „
Ganze Weite zwischen Fundament-Vorderkanten .	33,05 „
Nutzbare Breite der Brücke	4,00 „
Fahrbahnbreite	2,50 m
Gehwege, auf Belageisen vorgekragt . . .	2 × 0,75 „
Gewölbebreite im Scheitel	2,50 „
„ an den Kämpfern	3,50 „
Gewölbestärke im Scheitel	0,45 „
„ an den Kämpfern	0,50 „
„ in der Bruchfuge	0,80 „
Stärke der Gelenkquader an der Berührungsfläche	0,10 „

Die Berechnung der Brücke geschah unter Annahme einer Belastung durch eine Dampfwalze von 15 t Gewicht und Menschengedränge mit 360 kg für 1 qm und derart, dafs für jeden Querschnitt des Gewölbes die ungünstigste Lage und Gröfse der beweglichen Last und damit die gröfste Inanspruchnahme des Querschnittes und dessen Abmessungen bestimmt wurden. Diese Berechnung ist übrigens gleich derjenigen der Inzigkofer Brücke aufgestellt worden, sodafs ein weiteres Eingehen hierauf unnöthig erscheint. Die Abmessungen des Gewölbes wurden dabei so gewählt, dafs als gröfste Inanspruchnahme in sämtlichen Querschnitten 34 at Druck und 4 at Zug zugelassen wurden.

Die Formen der Brücke gehen hervor aus den Abbildungen auf Blatt 26 sowie aus der Text-Abb. 1, in der ein vom linken Ufer aus (flufsabwärts gesehen) aufgenommenes Lichtbild wiedergegeben ist. Zur Vermeidung der bei Betonbauten häufig auftretenden Flecken und um das Ganze mit den Gelenken in Uebereinstimmung zu bringen, sind sämtliche sichtbaren Aufsenflächen mit Ausnahme der Gewölbeleibungen in Granitnachbildung ausgeführt. Zu diesem Zweck wurde zugleich mit dem anderen Beton an den Aufsenflächen eine Mischung von 1 Theil Cement und 3 Theilen geschroteter Steintrümmer des Weifsen Jura E und von blauen Kalken (Kiesel der Gletschermoränen Oberschwabens) eingestampft in einer Stärke bis zu 10 cm. Längstens binnen 12 Stunden nach dem Einstampfen wurden die dabei benutzten Lehren entfernt und die Flächen mit Wasser

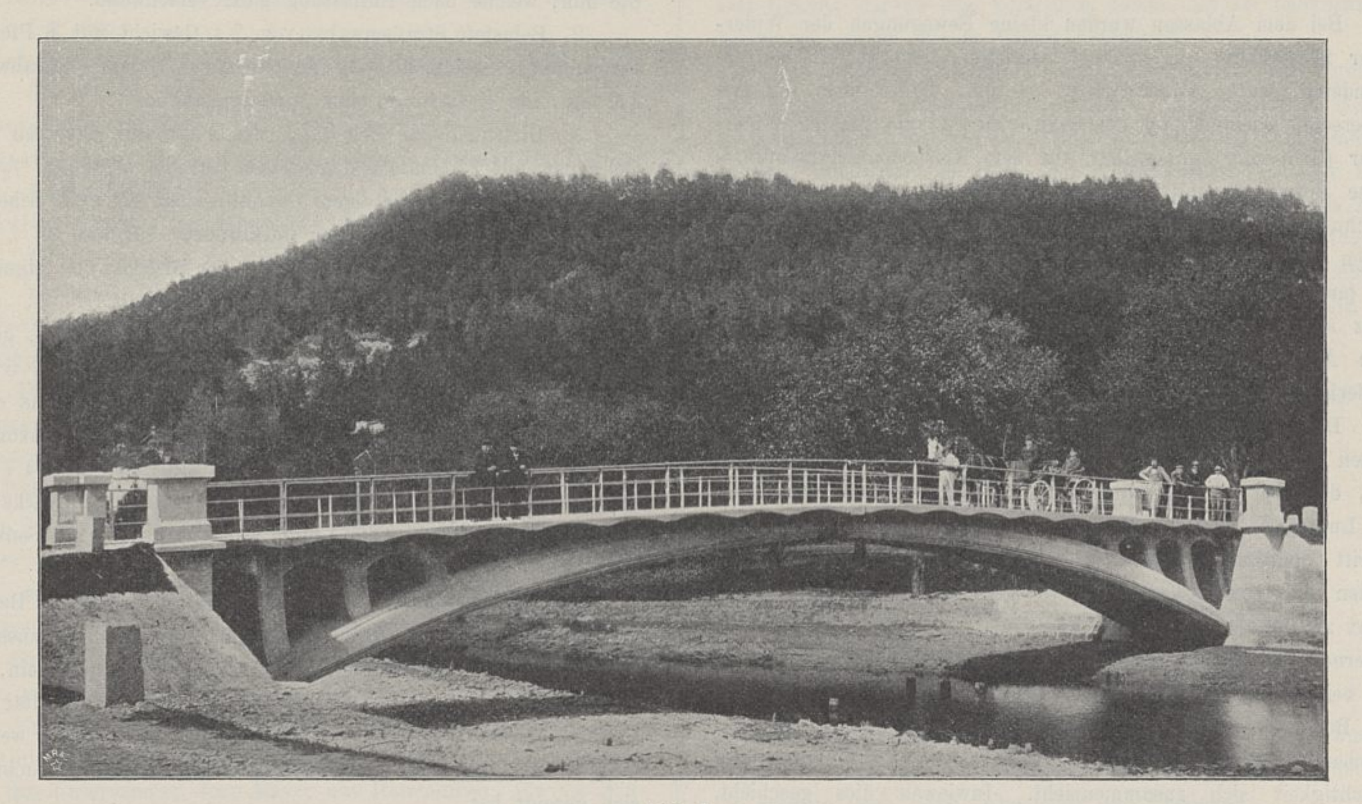


Abb. 1.

und Bürste abgerieben, wodurch der Cement an der Aufsenhaut entfernt und ein granitähnliches, poriges Gefüge an den Sichtflächen erzeugt wurde. Die Granitnachbildung ist als sehr gelungen zu bezeichnen und wirkt vollkommen täuschend derart, dafs die Grenze zwischen natürlichem und künstlichem Granit nur schwer erkennbar ist.

Die Cementproben ergaben als Zugfestigkeit:

a) für die siebentägige Probe aus je 6 Versuchen 14,65; 14,58; 16,12 kg; im grofsen Mittel somit 15,12 kg,

und für besonders feine Mahlung, wie sie bei dem Gewölbe verwandt ist, 21,84 kg;

b) für die 28tägige Probe aus je 6 Versuchen 22,60; 25,06; 23,80 kg; im grofsen Mittel somit 23,82 kg,

und für besonders feine Mahlung 30,03 und 27,41 kg, also im Mittel 28,72 kg.

Das auf Sandtöpfen aufgestellte Lehrgerüst wurde am 15. September 1896, d. h. 24 Tage nach Fertigstellung des Gewölbes abgelassen, und dabei wurden die folgenden Senkungen am Scheitel des Gewölbes mittels zehnfacher Uebersetzung gemessen.

Monat	Tag	Stunde	Luftwärme	Scheitelbewegung flufs-		Monat	Tag	Stunde	Luftwärme	Scheitelbewegung flufs-	
			°Cels.	aufwärts	abwärts				°Cels.	aufwärts	abwärts
September 1896	15.	7 Vm.	—	**15,4**	**14,8**	September 1896	21.	12 M.	17,5	23,0	19,2
				(nach der Ablassung)				6 Nm.	8,8	23,0	20,0
							22.	7 Vm.	8,8	25,0	18,0
	16.	12 M.	—	18,2	17,0			12 M.	20,0	26,0	18,0
	17.	6 Nm.	—	18,8	17,2			6 Nm.	13,8	27,0	19,0
	18.	7 Vm.	17,5	18,8	18,4		23.	7 Vm.	15,0	28,0	20,0
		12 M.	33,8	20,2	17,6			12 M.	22,5	28,0	23,0
		6 Nm.	17,5	18,8	17,4			6 Nm.	13,8	26,0	22,0
	19.	7 Vm.	12,5	18,8	17,6		24.	7 Vm.	7,5	25,5	21,0
		12 M.	21,3	19,6	17,0			12 M.	10,0	27,0	21,5
		6 Nm.	10,0	18,8	17,0			6 Nm.	5,0	27,0	21,5
	20.	7 Vm.	7,5	19,2	18,0		25.	7 Vm.	5,0	29,0	22,5
		12 M.	15,0	19,8	18,0			12 M.	13,8	30,0	23,0
		6 Nm.	8,8	20,4	18,6			6 Nm.	8,8	30,0	23,0
	21.	7 Vm.	7,5	21,4	19,0		26.	7 Vm.	8,8	30,0	26,0

Bei dem Ablassen wurden kleine Bewegungen der Widerlager festgestellt; am linken Widerlager, dem auf Pfähle gegründeten, wurde flufsaufwärts 1,4 mm, flufsabwärts 0,2 mm wagerechte Ausweichung gemessen, während am rechten Widerlager (Gründung unmittelbar auf dem Kiesboden) flufsaufwärts keine Bewegung stattfand und flufsabwärts eine kleine Ausweichung von 0,5 mm gefunden wurde. Lothrechte Bewegungen waren nicht zu erkennen. Da jedoch von der zweiten Ablesung an (am 16. September 1896) keine Zunahme der Bewegung, trotz sorgfältigster Ueberwachung, zu verzeichnen war, so war kein Anlafs zu Befürchtungen in betreff der Standfestigkeit der Widerlager geboten.

Die Beobachtung, dafs der Scheitel noch nach dem Ablassen des Lehrgerüstes sich weiter gesenkt hat, weist darauf hin, dafs bei der Berechnung der Scheitelsenkung nicht blofs die Luftwärme und die Elasticität des Betons (sieh Bach, Zeitschrift Deutscher Ingenieure, 1895 Nr. 17) in Rechnung zu stellen ist, sondern eine weitere Volumenveränderung. Diese rührt zweifellos zum Theile davon her, dafs der Beton bei andauernder Belastung eine weitere Zusammendrückung erfährt, als bei gleicher vorübergehender Belastung, sowie davon, dafs der Beton in der ersten Zeit der Erhärtung infolge der chemischen Vorgänge und durch mechanische Verdunstung der Feuchtigkeit sich zusammenzieht. Inwieweit dies geschieht, sollte durch weitere Versuche im Laboratorium, vor allem aber durch wissenschaftlich scharfe Beobachtung der ausgeführten Betongewölbe geschehen. Diese Beobachtung ist unerläfslich, wenn man zu sicheren Ergebnissen über die zu erwartende Senkung gelangen will, da die Senkung nach dem Ablassen gröfser ist als während des Ablassens. Die letztere beträgt bei der Brücke in Inzigkofen mit 43 m Spannweite nur 7,5 mm; bei der Brücke in Munderkingen mit 50 m Spannweite während des zweimaligen Ablassens 52 mm und bei der Brücke in Imnau mit 30 m Spannweite 15 mm. Die weiteren Senkungen nach dem Ablassen betrugen in

Inzigkofen	Munderkingen	Imnau
30 mm	70 mm	15 mm.

Diese nachträglichen Senkungen lehren, wie höchst bedenklich es ist, bei Brücken, an denen die Gelenke nicht offen bleiben sollen, dieselben bald nach dem Ablassen zu schliefsen. Es sollte dies erst, nachdem die erwähnten Volumenveränderungen zur Ruhe gekommen sind, also jedenfalls erst einige Monate nach dem Ablassen, geschehen. Bei gröfseren Spannweiten hat das Schliefsen der Gelenke durch blofses Ausbetoniren überhaupt Bedenken, da die Bewegungen grofser Gewölbe bei wechselnden Temperaturen und Belastungen sehr bemerkbar sind; es ist kaum anzunehmen, dafs der Druck nach dem Schliefsen der Gelenke sich gleichmäfsig auf die Fugen vertheilt; der Druck wird sich im wesentlichen doch durch die Gelenke übertragen, und das Schliefsen der Gelenke wird nur zur Folge haben, dafs Spannungen auftreten, die sich der Berechnung entziehen.

Nachdem vom 26. September bis 9. October 1896 nach den Beobachtungen keine weiteren Senkungen des Scheitels verzeichnet werden konnten, wurde am 9. October nach Fertigstellung der Zufahrtsrampen und der Pflasterung der Böschungskegel die Probebelastung wie folgt vorgenommen:

1. Leere Pferdestrafsenwalze im Gewicht von 3,5 t auf dem Scheitel; Scheitelsenkung flufsaufwärts 0,9 mm; flufsabwärts 0,8 mm, welche nach Entlastung ganz verschwand.

2. Belastete Strafsenwalze von 7 t Gewicht mit 6 Pferden Bespannung; Scheitelsenkung flufsaufwärts 1,3 mm; flufsabwärts 1,2 mm, bei Entlastung ganz zurückgegangen.

3. Gleichmäfsige Belastung der Fahrbahn zwischen den Gehwegen mit 11 cbm Packlagesteinen auf die mittleren $^2/_3$ der Spannweite, entsprechend einem Gesamtgewicht von 20 t; Scheitelsenkung flufsaufwärts 1,8 mm; flufsabwärts 1,6 mm.

Diese Last blieb über Nacht auf der Brücke; am folgenden Morgen wurde die Senkung zu 4 mm festgestellt.

Die Brücke wurde sodann auf die Länge von 27 m, gegen den Scheitel hin stärker, durch weiteres Aufbringen von 5 cbm Steinen belastet. Die Gesamtlast betrug rund 30 t, was einer Einheitsbelastung von 440 kg/qm belasteter Fläche gleichkommt. Die Scheitelsenkung war gewachsen flufsaufwärts auf 4,7 mm und flufsabwärts auf 4,5 mm. Nach Entlastung der Brücke hob sich der Scheitel wieder um 1 mm, sodafs die dauernde Senkung rund 3,6 mm beträgt.

Die Beobachtungen sind vorgekommener unbefugter Berührung der Zeigerwerke wegen nicht als zuverlässig anzusehen. Die wirklichen Bewegungen müssen kleiner gewesen sein, da sonst die Scheitelsenkung mit Rücksicht auf die Elasticität des Gewölbe- und Widerlagerbetons thatsächlich hätte gröfser werden müssen, als nach der zuverlässigen ersten Scheitelbeobachtung sich gezeigt hat.

Eine Probebelastung mit der Dampfwalze und der der Berechnung zu Grunde gelegten gleichmäfsig vertheilten Last von 43 t bleibt bis nach längerer Erhärtung des Betons vorbehalten.

Für die Brücke waren erforderlich:

Gründungsbeton . .	189,6 cbm (72,5 + 117,1)	zusammen 311,55 cbm Mauerwerk.
Gewölbebeton . . .	60,4 „	
Pfeilerbeton . . .	9,0 „	
Fahrbahntafel . .	15,4 „	
Gehwege	7,85 „	
Ortpfeiler	21,3 „	
Aufbauten . . .	3,5 „	
Gelenkquader . .	4,5 „	
Lehrgerüst Kantholz	12,3 „	
„ Pfähle .	4,0 „	
Dielenbelag . . .	127 qm.	
Geländer	1500 kg.	
Blei- und Kupferbleche	54 kg.	

Ueber die Ausführungskosten geben folgende Einzelheiten Aufschlufs:

Sächliche Gesamtkosten: 13800 ℳ, d. h. 113 ℳ für 1 qm nutzbare Brückenfläche zwischen den Ortpfeilern.

Sand: es wurde nur ganz reiner Quarzsand des Buntsandsteins von Schenkenzell im Kinzigthal zugelassen; frei Baustelle 9 ℳ f. d. cbm.

Cement: langsam bindender (Bindezeit 7 Stunden) von der Firma „Stuttgarter Cementfabrik in Blaubeuren“; frei Bahnhof Eyach 3,70 ℳ f. 100 kg.

Steinschlag (Muschelkalk des Eyachthales): Ring von 4 cm; frei Baustelle 3 ℳ f. d. cbm.

Granitgelenke: Bergmaiersche Brüche bei Edenstetten, Bayer. Wald; frei Bahnhof Eyach 150 ℳ f. d. cbm bearbeitet.

Gründungsbeton 1 : 3 : 6 ($^1/_5$ gröfsere Einlagesteine); 17,60 ℳ f. d. cbm.

Gewölbebeton 1 : 2,5 : 5, einschl. Lehrgerüste und Stirnschablonen; 45,30 ℳ f. d. cbm.

Pfeiler- und Fahrbahnkastenbeton 1 : 2,5 : 5; 31,30 ℳ f. d. cbm.

Gehwegplatten 1 : 2 : 4 (Ueberzug von Cementmörtel 1 : 3); 38 ℳ f. d. cbm.

Ortpfeilerbeton 1 : 3 : 6; 29,50 ℳ f. d. cbm.

Gurtplatten der Ortpfeiler und Brüstungsquader 1 : 2 : 4; 43 ℳ f. d. cbm.

Zulage für die Granitnachbildung der äufseren Flächen der Gewölbe usw. (auf 10 cm Tiefe berechnet); 30 ℳ f. d. cbm.

Versetzen der Gelenkquader; 15 ℳ f. d. cbm.

Kupfer-Bleieinlagen: 1 ℳ f. 1 kg.

Die ganze Bauarbeit hat $3^1/_2$ Monate in Anspruch genommen, wovon auf die Betonirung etwa $1^1/_2$ Monate kommen. Das Gewölbe wurde in fünf Tagen fertiggestellt. Die Herstellung der Gehwege, Postamente, Böschungskegel, Rampen usw. erforderte 17 Tage. Die Brücke wurde am 5. November 1896 landespolizeilich abgenommen und dem Verkehr übergeben. Die Arbeiten, mit Ausnahme der Uferschutzbauten und der Zufahrtsrampen, wurden durch die Firma B. Liebold u. Co. in Holzminden für die runde Summe von 12 300 ℳ ausgeführt. Der gesamte Bau nebst Brückenrampen und Bauleitung kostete 18 000 ℳ. Der Entwurf sowie die Bauleitung wurde vom Landesbaurath M. Leibbrand in Sigmaringen besorgt. Die örtliche Leitung hatte für den Unternehmer Jean Mayer aus Holzminden, für die Bauverwaltung Werkmeister C. Schäfer aus Haigerloch.

Die **Versuche**, von denen oben schon die Rede war, hatten sich zu erstrecken

1. auf die Ermittlung der rückwirkenden Festigkeit des Granits mit Rücksicht auf die mögliche Zertrümmerung der Gelenkquader an den einem sehr hohen Druck (150 at) ausgesetzten Berührungsflächen;

2. auf die Ermittlung der Biegungsfestigkeit mit Bezug auf die in den Gelenkquadern auftretende Biegung, hervorgerufen durch die auf die gewölbseitige Fugenfläche der Granitquader wirkende gleichmäfsig vertheilte Belastung und den in der Gelenkfläche wirkenden concentrirten Gegendruck;

3. auf die Ermittlung der Schubfestigkeit mit Rücksicht auf die in den cylinderabschnittförmigen Gelenktheilen und in deren Nähe bei einseitiger Belastung der Brücke auftretenden senkrechten Scherkräfte;

4. auf die Ermittlung des Elasticitätscoefficienten für Granit;

5. auf die Ermittlung der Formänderung der Gelenkquader behufs Gewinnung eines Urtheils über die in denselben auftretenden Spannungen;

6. auf das Verhalten der Bleieinlagen und die durch dieselben ermöglichten Drehungen der Gelenke.

Aus den Ergebnissen über diese bemerkenswerthen Versuche sei hier folgendes mitgetheilt. Die Versuche erstrecken sich

a) an der Materialprüfungsanstalt der Kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart auf die Ermittlung der Zug-, Druck- und Biegungsfestigkeit und Elasticität;

b) an dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in München auf die Ermittlung der Druckfestigkeit des verwandten Granites, der Formveränderungen der Gelenkquader und des Verhaltens der Bleizwischenlage.

Der Granit stammte aus den Brüchen der Firma M. Bergmaier u. Co. in München, welche sich in Edenstetten, Kgl. bayerisch. Bezirksamt Deggendorf im Bayerischen Walde befinden. Der Granit, der zu den Versuchen diente, ist als feinkörniger, hellgrauer, sogen. blauer Granit bezeichnet.

Die unter a) genannten Versuche sind von dem Vorstand der Stuttgarter Materialprüfungsanstalt, Baudirector v. Bach, in Uebereinstimmung mit Landesbaurath Leibbrand, veröffentlicht worden, und zwar im Hefte Nr. 9 des Bandes XLI der Zeitschrift Deutscher Ingenieure v. 27. Februar 1897. Da die Zeitschrift den Lesern dieses Aufsatzes jedenfalls zur Verfügung steht, so begnügen wir uns hier damit, nur die haupsächlichsten Ergebnisse zu wiederholen, um ein zusammenfassendes Bild der verschiedenen Versuche zu gewinnen.

I. Versuche der Stuttgarter Materialprüfungsanstalt.

Als Versuchskörper wurden die folgenden verwandt:

a) Körper von der Form nach Text-Abb. 2;

b) Kreiscylindrische Körper;

c) Prismatische Stäbe.

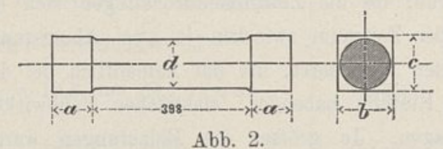


Abb. 2.

1. Bestimmung der Schubfestigkeit aus Drehungsversuchen, denn nur mit solchen ist reine Schub-Inanspruchnahme zu erzielen (sieh Bach, Elasticität und Festigkeit).

Die Dimensionen der zwei Versuchskörper betrugen:

	Körper I.	Körper II.
Durchmesser d (Mittel aus 6 Ablesungen) . . .	127,8 mm	127,7 mm
Gewicht	22,8 kg	22,92 kg
Volumen, berechnet nach den Abmessungen . . .	8,65 cdm	8,52 cdm
Gewicht der Volumeneinheit $= \frac{\text{Gewicht}}{\text{Volumen}}$ . . .	2,64	2,69

Die Köpfe der Versuchskörper besafsen folgende Abmessungen:

	Körper I.		Körper II.	
a =	81,5 mm	81,0 mm	81,0 mm	80,0 mm
b =	147,4 „	146,5 „	146,7 „	144,3 „
c =	143,8 „	143,0 „	146,4 „	144,7 „
Drehungsmoment M_d in kg·cm, welches den Bruch herbeiführte	32500		31000	
Schubspannung, welche diesem Drehungsmomente entspricht, nach Mafsgabe der Gleichung $K_d = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{M_d}{d^3}$:	$K_d = \frac{16}{\pi} \cdot \frac{32500}{12{,}78^3} = 79{,}3$ kg/qcm		$\frac{16}{\pi} \cdot \frac{31000}{12{,}77^3} = 75{,}8$ kg/qcm	

Schubfestigkeit im Mittel . . . **77,6** kg/qcm.

2. Bestimmung der Druckfestigkeit. Diese erfolgte durch Druckversuche mit vier Würfeln, die aus den Köpfen der unter 1. genannten Versuchskörper herausgearbeitet waren. Die Druckflächen der Würfel waren behufs Herstellung paralleler Flächen mittels Diamanten gehobelt worden. Die Würfel Ia und Ib entstammten dem Körper I, die Würfel IIa und IIb dem Körper II.

Die Ergebnisse sind die folgenden:

Bezeichnung	Gewicht G kg	Abmessungen Seite a cm	Seite b cm	Höhe h cm	Volumen abh ccm	Spec. Gew. $\frac{1000\,G}{abh}$	Quer-schnitt ab qcm	Bruchbelastung beobachtet kg	auf 1 qcm kg
Ia	0,539	5,94	5,96	5,88	208	2,59	35,4	35 000	989
Ib	0,546	5,94	6,00	5,90	210	2,60	35,6	34 950	982
IIa	0,542	5,93	5,98	5,90	209	2,59	35,5	40 800	1149
IIb	0,543	5,97	5,98	5,92	211	2,58	35,7	33 200	903

somit Druckfestigkeit im Mittel **1006**.

3. Bestimmung der Druckelasticität. Hierzu wurden zwei kreiscylindrische Körper von rund 21,5 cm Durchmesser und 105 cm Höhe verwandt.

Granitcylinder I:

Mittl. Durchmesser	21,5 cm,
„ Querschnitt	363,1 qcm,
Höhe, Stirnflächen gehobelt	105,05 cm,
Gewicht	100,83 kg,
Gewicht der Raumeinheit $= \frac{\text{Gewicht}}{\text{Volumen}}$	2,64 kg.

Es wurden drei Versuche vorgenommen, sodafs in jeder dieser Versuchsreihen die Belastung zwischen 0 und $P = 5$, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 und 60 Tonnen so oft gewechselt wurde, bis die Zusammendrückungen sich nicht mehr änderten. Der Zeitraum zwischen je zwei Abmessungen wurde zu 1,5 Minuten festgesetzt, um der namentlich bei den höheren Belastungen Einflufs habenden, elastischen Nachwirkung Rechnung zu tragen. Je gröfser die Belastungen werden, desto häufiger mufs die Be- und Entlastung vorgenommen werden, um die gleiche Federung zu erhalten, z. B. bei 5 t (0 — 13,8 kg/qcm) dreimaliger Wechsel; bei 10 t (0 — 27,5 kg/qcm) sechsmaliger Wechsel; bei 25 t (0 — 68,9 kg/qcm) neunmaliger Wechsel; bei 60 t (0 — 165,2 kg/qcm) elfmaliger Wechsel, wobei die gleiche Federung noch nicht erzielt war.

Die Zusammendrückungen auf 75 cm Länge für die drei Versuchsreihen sind in folgender Tabelle enthalten:

Die beiden Text-Abb. 3 u. 4 geben die Zusammendrückungen zeichnerisch für die Versuche 1 und 3, welch letzterer gewählt wurde, da er die geringste Temperaturschwankung aufwies und somit auch die gröfsere Genauigkeit besitzen dürfte.

Es ist naturgemäfs, dafs die bleibenden Zusammendrückungen bei den beiden letzten Versuchen kleiner sind als die des ersten Versuches; ferner ist es auch in der Verschiedenheit des Zeitabstandes der einzelnen Versuche begründet, dafs der dritte Versuch infolge der zehntägigen Ruhepause gröfsere Zusammendrückungen ergab als der zweite.

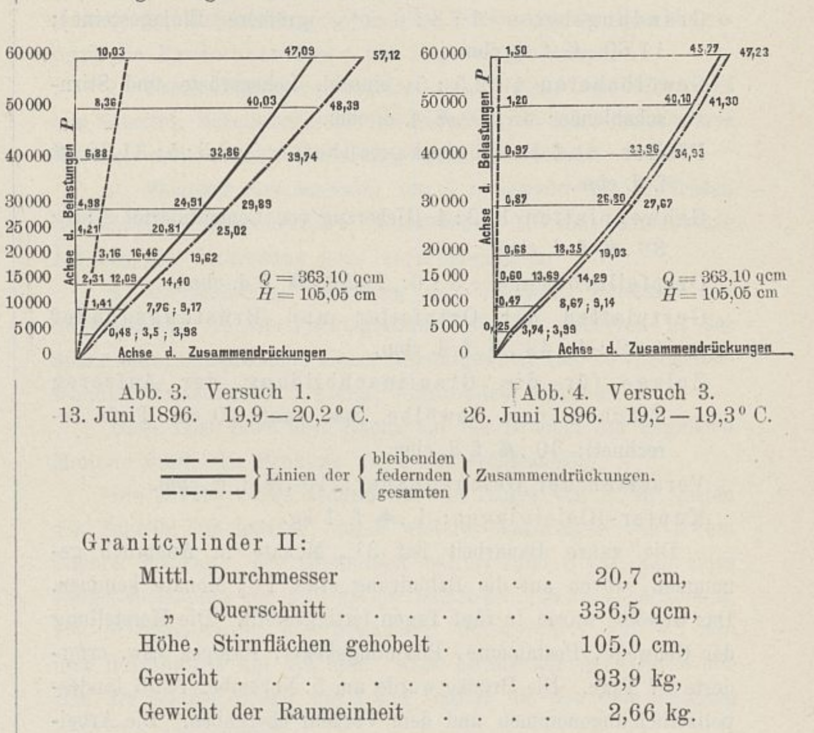


Abb. 3. Versuch 1.
13. Juni 1896. 19,9 — 20,2° C.

Abb. 4. Versuch 3.
26. Juni 1896. 19,2 — 19,3° C.

Linien der bleibenden / federnden / gesamten Zusammendrückungen.

Granitcylinder II:

Mittl. Durchmesser	20,7 cm,
„ Querschnitt	336,5 qcm,
Höhe, Stirnflächen gehobelt	105,0 cm,
Gewicht	93,9 kg,
Gewicht der Raumeinheit	2,66 kg.

Auch hier wurden drei Versuche ausgeführt, und zwar Versuche 1 und 2 bis $P = 100\,000$ kg, während bei Versuch 3 nur bis 60 000 kg gegangen wurde.

Die Mefslänge betrug: für die Versuche 1 und 2 50 cm, für den Versuch 3 . . 75 cm.

(Sieh Tabelle Seite 197.)

Auch hier zeigte sich wie beim Granitcylinder I die Eigenthümlichkeit, dafs anfänglich stärkeres Wachsen der Zusammendrückungen erfolgt als der Spannungen und später langsamere Zunahme als bei letzteren, dafs also ein Wendepunkt innerhalb des Gebietes der Druckspannungen besteht. Die beim Granitcylinder I gemachten Erfahrungen bezüg-

Belastungen gesamte kg	kg/qcm	Zusammendrückungen auf 75 cm Länge in $\frac{1}{600}$ cm — gesamte — Versuch 1 13. 6. 96	gesamte Versuch 2 16. 6. 96	gesamte Versuch 3 26. 6. 96	bleibende Versuch 1 13. 6. 96	bleibende Versuch 2 16. 6. 96	bleibende Versuch 3 26. 6. 96	federnde Versuch 1 13. 6. 96	federnde Versuch 2 16. 6. 96	federnde Versuch 3 26. 6. 96
5 000	0 — 13,8	3,98	4,04	3,99	0,48	0,29	0.25	3,50	3,75	3,74
10 000	0 — 27,5	9,17	8,93	9,14	1,41	0,41	0,47	7,76	8,52	8,67
15 000	0 — 41,3	14,40	13,91	14,29	2,31	0,46	0,60	12,09	13,45	13,69
20 000	0 — 55,1	19,62	18,65	19,03	3,16	0,49	0,68	16,46	18,16	18,35
25 000	0 — 68,9	25,02	23,13	—	4,21	0,56	—	20,81	22,57	—
30 000	0 — 82,6	29,89	27,19	27,67	4,98	0,59	0,87	24,91	26,60	26,80
40 000	0 — 110,2	39.74	34,66	34,93	6,88	0,71	0,97	32,86	33,95	33,96
50 000	0 — 137,7	48,39	41,11	41,30	8,36	0,90	1,20	40,03	40,21	40,10
60 000	0 — 165,2	57,12	47,31	47,23	10,03	1,35	1,50	47,09	45,96	45,73
bei Temperaturen (° Cels.) von		19,9 — 20,2°	21,7 — 22,0°	19,2 — 19,3°						

Belastungen		Zusammendrückungen in $\frac{1}{600}$ cm											
		gesamte						bleibende			federnde		
gesamte kg	kg/qcm	Versuch 1 18. 6. 96	Temperatur	Versuch 2 19. 6. 96	Temperatur	Versuch 3 25. 6. 96	Temperatur	Versuch 1 18. 6. 96	Versuch 2 19. 6. 96	Versuch 3 25. 6. 96	Versuch 1 18. 6. 96	Versuch 2 19. 6. 96	Versuch 3 25. 6. 96
5 000	0 — 14,9	2,04	21,6° C.	2,00	21,7° C.	3,11	20,6° C.	0,27	0,10	0,22	1,77	1,90	2,89
10 000	0 — 29,7	4,41		4,40		6,88		0,56	0,13	0,38	3,85	4,27	6,50
15 000	0 — 44,6	6,84		6,71		10,61		0,87	0,13	0,47	5,97	6,58	10,14
20 000	0 — 59,4	9,19		9,01		14,24		1,18	0,13	0,49	8,01	8,88	13,75
30 000	0 — 89,2	13,76		13,35		20,81		1,73	0,16	0,59	12,03	13,19	20,22
40 000	0 — 118,9	18,17		17,27	21,8° C.	26,69		2,31	0,18	0,69	15,86	17,09	26,00
50 000	0 — 148,6	22,22		20,82		32,13		2,75	0,20	0,83	19,47	20,62	31,30
60 000	0 — 178,3	26,07	21,4° C.	24,13		36,98		3,19	0,23	0,98	22,88	23,90	36,00
70 000	0 — 208,0	29,74		27,17		—		3,66	0,23	—	26,08	26,94	—
80 000	0 — 237,7	33,45		30,00		—		4,10	0,30	—	29,35	29,70	—
90 000	0 — 267,5	36,78		32,01		—		4,50	0,38	—	32,28	32,53	—
100 000	0 — 297,2	40,32		35,68		—		5,00	0,53	—	35,32	35,15	—

lich des Einflusses der Temperaturwechsel und der Ruhepausen zwischen den Einzelversuchen zeigen sich auch aus obiger Tabelle.

4. **Bestimmung der Biegungselasticität und Biegungsfestigkeit.** Die zur Ermittlung der Druckelasticität unter 3 verwandten zwei Cylinder wurden durch Abarbeiten in rechteckige Prismen verwandelt und diese Balken der Biegungsprobe nach der Text-Abb. 5 unterworfen; es ist zu bemerken, dafs diese Körper schon vorher auf Druck beansprucht worden waren.

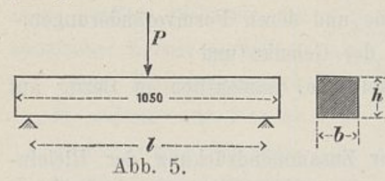


Abb. 5.

Die Abmessungen waren die folgenden (a = Balkenlänge):

	I.			II.		
	a	b	h	a	b	h
Mafse	1050,5	147,6	149,8 mm	1050,0	146,2	146,6 mm
Gewicht	60,14 kg			58,65 kg		
Volumen abh . .	23,23 cdm			22,50 cdm		
Gewicht der Volumeneinheit . .	2,59 kg			2,60 kg.		

Die Belastung wurde auch hier zwischen P_{min} und P_{max} gewechselt, wobei jedoch P_{min} nicht = 0 gesetzt wurde, da bei der Anfangsbelastung = 0 die Wiederherbeiführung des Anfangszustandes nicht mit befriedigender Genauigkeit zu erreichen ist. Es wurde P_{min} = 300 kg angenommen.

Der **Dehnungscoefficient** = 1 : Elasticitätsmodul für Granit ergiebt sich auf Grund dieser Versuche nach den Formeln:

ohne Rücksicht auf die Schubkraft

1) Durchbiegung $\eta' = \frac{P\alpha l^3}{\Theta 48} = 0{,}25\, P\alpha \frac{l^3}{bh^3}$,

mit Rücksicht auf die Schubkraft

2) Durchbiegung $\eta' + \eta'' = \alpha \frac{P}{bh} l \left\{ 0{,}25 \left(\frac{l}{h}\right)^2 + 0{,}78 \right\}$

	nach 1)	nach 2)
für den Balken I		
zwischen P = 300 und 800 kg $\sigma_b = \frac{Pl}{4} \cdot \frac{6}{bh^2}$ = 13,6 und 36,2 kg/qcm	$\frac{1}{142000}$	$\frac{1}{151000}$
zwischen P = 300 und 1300 kg σ^b = 13,6 und 58,9 kg/qcm	$\frac{1}{118000}$	$\frac{1}{126000}$
für den Balken II		
für σ_b = 14,3 und 28,7 kg/qcm	$\frac{1}{187000}$	$\frac{1}{200000}$
14,3 „ 43,0 „	$\frac{1}{185000}$	$\frac{1}{197000}$
14,3 „ 57,3 „	$\frac{1}{177000}$	$\frac{1}{189000}$
14,3 „ 71,6 „	$\frac{1}{165000}$	$\frac{1}{176000}$
14,3 „ 85,9 „	$\frac{1}{157000}$	$\frac{1}{168000}$

	I. Balken. 3. 8. 1896; 18,2—18,5° C.	II. Balken. 4. 8. 1896; 18,8—20,4° C.
1. Versuchsreihe.		
Entfernung l der Auflager	1000 mm	1000 mm
Bruchbelastung P	1800 kg	1800 kg
Biegungsfestigkeit, welche dieser Bruchbelastung entspricht nach der Gleichung $K_b = \frac{M_b}{\frac{1}{6} bh^2} = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{1}{6} bh^2}$	$K_b = \frac{1800 \cdot 100 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}76 \cdot 14{,}98^2} = 81{,}5$ kg/qcm	$\frac{1800 \cdot 100 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}62 \cdot 14{,}66^2} = 85{,}9$ kg/qcm
Bruchquerschnitt	b = 147,0 ; h = 149,6 mm	b = 145,9 ; h = 147,1 mm
somit hiernach Biegungsfestigkeit	$\frac{1800 \cdot 100 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}7 \cdot 14{,}96^2} = 82{,}1$ kg/qcm	$\frac{1800 \cdot 100 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}59 \cdot 14{,}71^2} = 85{,}5$ kg/qcm
Mittel	83,8 kg/qcm.	
2. Versuchsreihe.		
Entfernung l des Auflagers	500 mm	500 mm
Bruchbelastung P	4180 kg	4700 kg
Biegungsfestigkeit, welche dieser Bruchbelastung entspricht	$K_b = \frac{4180 \cdot 50 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}76 \cdot 14{,}98^2} = 95{,}5$ kg/qcm	$\frac{4700 \cdot 50 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}62 \cdot 14{,}66^2} = 112{,}2$ kg/qcm
Bruchquerschnitt	b = 146,2 ; h = 150,0 mm	b = 145,8 ; h = 146,9 mm
somit hiernach Biegungsfestigkeit	$\frac{4180 \cdot 50 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}62 \cdot 15{,}00^2} = 95{,}3$ kg/qcm	$\frac{4700 \cdot 50 \cdot 6}{4 \cdot 14{,}58 \cdot 14{,}69^2} = 112{,}9$ kg/qcm
Mittel	104,1 kg/qcm.	

Der obengenannten Arbeit v. Bachs ist die folgende Zusammenstellung über die Festigkeiten des Granits entnommen, welcher die entsprechenden Zahlen für ein zähes, graues Gufseisen (bearbeitet, also ohne Gufshaut) gegenübergestellt sind.

	Granit kg/qcm	Gufseisen kg/qcm
Druckfestigkeit im Durchschnitt	1006	7510 (Würfel),
Biegungsfestigkeit	83,8	2765 (quadr. Stab),
Schubfestigkeit (Drehungsversuch)	77,6	1680 (Kreiscylind.),
Zugfestigkeit	45,4	1560.

Bei beiden Materialien wachsen die Dehnungen schneller als die Spannungen.

Bach hat ferner auf Grund der oben angeführten Versuche unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate zur Bestimmung der Coefficienten für Spannungen bis 40 kg/qcm, allerdings mit anderem Granit als dem zu den Versuchen verwandten, folgende Werthe gefunden als Mittel und in abgerundeten Zahlen:

$$\text{für Druck } E = \frac{1}{300000}\sigma^{1,12}$$

$$\text{für Zug } E = \frac{1}{240000}\sigma^{1,4}.$$

Erst weitere Versuche werden aber über die Anwendbarkeit dieser Zahlen als allgemeingültige Mittelwerthe entscheiden können, da die Beschaffenheit des Granits eine sehr verschiedene sein kann. Nach den v. Bachschen Erfahrungen würde der Glimmergehalt des Granits einen bedeutenden Einflufs auf die Elasticität desselben ausüben.

II. Versuche des Mechanisch-Technischen Laboratoriums in München.

Die Versuchskörper stammten, wie die zu den Versuchen zu I verwandten, ebenfalls aus den Edenstettener Brüchen der Granitwerke Bergmaier u. Co.

Zunächst wurde die Druckfestigkeit dieser Proben aus sechs Würfeln mit folgendem Ergebnifs bestimmt:

Nr.	Spec. Gewicht	Druckfestigkeit kg/qcm	Bemerkung
1	2,67	1070	Die Druckflächen waren durch Abdrehung mit Diamanten geebnet worden.
2	2,67	1150	
3	2,68	1140	
4	2,67	1170	
5	2,67	1040	
6	2,67	1050	
Mittel	**2,67**	**1100** kg/qcm.	

Um das Verhalten des Granits im Gewölbe beurtheilen zu können, wurden zwei Körper genau nach den Abmessungen, wie sie an den Gelenken der Brücke verwandt werden sollten, und mit einer Breite von $^1/_{10}$ der Gewölbebreite im Scheitel hergestellt. Die Text-Abb. 6 zeigt die Anordnung des Gelenkes; es ist zu beachten, dafs die beiden Gelenkflächen nicht concentrisch, sondern um 2 mm discentrisch sind, wenn die Berührung ohne Bleieinlage erfolgt. Die Unterflächen der Quader waren ziemlich eben, aber ohne besondere Sorgfalt abgerichtet und gestockt. Die Gelenkflächen waren gut polirt. Um nun das gefährliche Einpressen des Bleies in die Poren des Granits zu verhindern, sollte, wie dies auch bei der Brücke selbst geschehen ist, das Blei zwischen 0,1 mm dicke Kupferbleche gelagert werden. Die Bleiplatte selbst aus Walzweichblei hatte eine Breite von 100 mm, eine Länge von 250 mm entsprechend den Dimensionen des Granitgelenkes und eine Dicke von 3 mm. Da aber kein 0,1 mm dickes Kupferblech zu haben war, wurde zu den Versuchen 0,08 mm dickes, blank polirtes Messingblech verwandt. Derartig zugerichtet wurden die Quader in aufrechter Stellung (Text-Abb. 6) zwischen die ebenen 75 × 75 cm grofsen gufseisernen Druckplatten der lothrechten Prüfungsmaschine gut centrisch aufgestellt und alsdann einer durch Druckwasser erzeugten Belastung unterworfen, die bis zu 94 t gesteigert wurde. Die obere Druckplatte der Maschine ist im Kugelgelenk beweglich. Die Versuche sollten sich nun erstrecken auf:

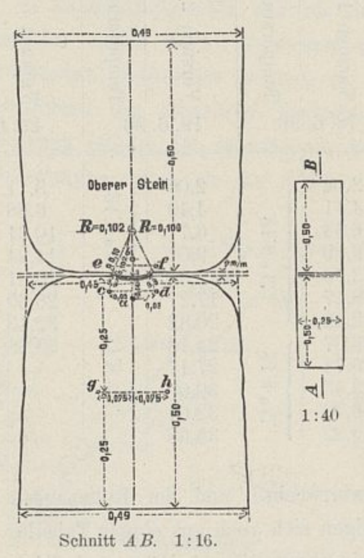


Abb. 6. Probequader.

a) das Verhalten der Steine und deren Formveränderungen,
b) die mögliche Drehung der Gelenke und
c) das Verhalten der Bleieinlage, namentlich in Bezug auf etwaiges Fliefsen.

Behufs der Messung der Zusammendrückung der Bleieinlage hatte man in der Achse der Quader auf beiden Seiten, in einem in lothrechter Richtung gemessenen Abstand von je 40 mm vom Scheitel des Gelenktheiles der Quader, an dem mit $\left\{\begin{matrix} a - b \\ a' - b' \end{matrix}\right\}$ bezeichneten Punkten kleine Metallmuttern fest in den Stein eingelassen, auf welche man je eine lothrecht gerichtete Zunge aus 2 mm starkem Messingblech aufschraubte, deren freie, zu einer Schneide ausgebildete Enden sich in einem lichten Abstand von etwa 3 mm befanden. Dieser Abstand wurde durch Einführung eines Mefskeiles während verschiedener Belastungszustände der Quader bis auf $^1/_{100}$ mm genau gemessen und dadurch die Zusammendrückung der Bleieinlage gefunden.

Vor Durchführung der Messungen sollte mittels einer Belastung von 4000 kg die Bleieinlage zur satten Anlage gebracht und ebenso ein Einrichten der Druckplatten bewirkt werden. Die weiter unten ersichtlichen Angaben über das Verhalten der Bleieinlage haben ergeben, dafs ein sattes Anliegen nicht erreicht wurde. Nach einigen Vorversuchen, welche bezüglich der Genauigkeit bei dem Einstellen des Mefskeiles nicht völlig genügten, wurde die Führung des Keiles durch Anbringung eines zweiten Auflagers verbessert und damit dann vollständig zuverlässige Ergebnisse erzielt. Es ist zu bemerken, dafs die ungünstigste Höchstbelastung mit Strafsenwalze und vollständiger Belastung von 360 kg/qm einen Gesamtdruck von 350000 kg auf das 2,5 m lange Scheitelgelenk ergiebt, dafs somit der 0,5 m breite Einzelgelenkquader eine Last von 70000 kg zu übertragen hat, entsprechend einer specifischen Belastung von $\frac{70000}{10 \cdot 50} = 140$ kg/qcm der Gelenkflächen.

Bei der Gröfse des Versuchsquaders entspricht eine Belastung mit 35 at dem im Gewölbe wirklich auftretenden gröfsten Drucke.

Die erste Versuchsreihe ergab bei

Belastungen von 10 15 20 25 30 35 40 t

eine Gesamt-Zusammendrückung der Bleieinlage von

10 13 15 17 18 20 20 $^1/_{100}$ mm.

Eine zweite weitergeführte Versuchsreihe gab für

Belastungen von 20 40 60 80 94 t

eine Gesamt-Zusammendrückung der Bleieinlage von

16 21 24 26 29 $^1/_{100}$ mm.

Ein Ausweichen bezw. Fliefsen des Bleies wurde in keinem Falle bemerkt. Die bleibende Annäherung der Messungen betrug nach der Entlastung der Quader kaum $2 \times {}^1/_{100}$ mm $= 0{,}00002$ m.

Diese Ergebnisse sind insofern bemerkenswerth, als offenbar infolge der starken Reibung zwischen Bleieinlage und Quader das Blei nicht, wie nach früheren anderweitig vorgenommenen Versuchen zu erwarten gewesen wäre, beim Druck von etwa 120 at zum Weichen kam, sondern sich wie ein elastischer Körper verhielt.

Das Hauptaugenmerk wurde sodann auf Formveränderungen der Quader selbst gerichtet und diese gemessen, vornehmlich in Bezug auf ein etwaiges seitliches Ausweichen des Materials zwischen Druckplatte und Gelenk. Zu diesem Zwecke wurden an den Punkten

$$\begin{Bmatrix} c-d-e-f \\ c'-d'-e'-f' \end{Bmatrix}$$

etwa 3 mm weite und 5 mm tiefe Löcher in den Quader gebohrt und in dieselben Eisenzäpfchen fest eingelassen, die zur Aufnahme und Befestigung von Bauschingerschen Spiegelapparaten dienten. Die Anordnung und Bauart der Bauschingerschen Apparate, wie sie im vorliegenden Falle zur Verwendung kamen, war ganz die nämliche, wie sie im 24. Heft (Seite 9 u. 10) der ganzen Reihe der Mittheilungen aus dem Mech.-Techn. Laboratorium der Techn. Hochschule in München beschrieben ist.

Die Entfernungen zwischen den Mefspunkten $\begin{Bmatrix} c-d \\ c'-d' \end{Bmatrix}$ und $\begin{Bmatrix} e-f \\ e'-f' \end{Bmatrix}$ zu beiden Seiten der Quader betrug je 100 mm.

Am unteren Stein, also nahe der Hohlfläche, ergab die Messung im Mittel für Belastungen

von 10 15 20 25 30 35 40 t.

Gesamt-Verkürzungen der Entfernung der Mefspunkte c-d und c'-d'

von 9,8 13,3 15,8 17,7 19,0 19,8 20,2 $^1/_{1000}$ mm,

welche nach dem Entlasten wieder bis auf 0,2 Tausendstel Millimeter jener 100 mm langen Mafsstrecke zurückgingen.

I, 1 concav (oben) convex (unten) — 5000 kg — 36,14 qcm 138,4 at; 43,5 qcm 114,9 at

I, 2 concav (oben) convex (unten) — 15 000 kg — 80,67 qcm 185,9 at; 73,85 qcm 203,1 at

I, 3 concav (oben) convex (unten) — 30 000 kg — 97,6 qcm 307,4 at; 105,0 qcm 285,7 at

I, 4 concav convex — 35 000 kg — 108,1 qcm 323,8 at; 111,2 qcm (121,8) 314,7 at (287,3)

I, 5 concav convex — 45 000 kg — 119,02 qcm 378,1 at; 132,23 qcm 340,3 at

I, 6 concav convex — 60 000 kg — 135,04 qcm 444,3 at; 151,8 qcm 395,2 at

0,25 m — 0,10 m — 0,10 m

Dicke der Bleieinlage 3 mm.

Abb. 7.

Dieses Mafs von 0,000002 m stellt also die bleibende Verkürzung der Strecke c-d dar.

Am oberen Stein wurden hervorgebracht durch

Belastungen von 10 15 20 25 30 35 40 t

Gesamt-Verkürzungen der Entfernung der Mefspunkte e-f und e'-f'

von 4,9 6,9 8,5 9,6 10,6 11,3 12 $^1/_{1000}$ mm,

die nach der Entlastung wieder bis auf 1,0 Tausendstel Millimeter — bleibende Verkürzung — verschwanden.

Es lag nahe, diese Formänderung von der Art der Anlage der Steine an die Druckplatte abhängig zu glauben. Man legte somit bei dem zweiten Versuche eine Pappdeckelscheibe von 100 mm auf 250 mm bei, derart, dafs sich die Horizontalprojectionen der Scheibe und des Cylinderabschnittes des Gelenkes deckten, und erhielt damit an den Punkten $\begin{Bmatrix} e-f \\ e'-f' \end{Bmatrix}$ für

Belastungen von 10 15 20 25 30 35 40 t

Verkürzungen von 4,0 5,9 7,4 8,5 9,4 10,0 10,5 $^1/_{1000}$ mm.

Die bei dem ersten Versuch beobachteten Verkürzungen können daher nicht ausschliefslich auf eine Biegungsbeanspruchung zurückgeführt werden, was zunächst am wahrscheinlichsten erschien.

Hierauf wurde der Bauschingersche Mefsapparat noch in halber Höhe des unteren Steines in den Punkten $\begin{Bmatrix} g-h \\ g'-h' \end{Bmatrix}$ angebracht. Die Punkte g und h befanden sich in je 75 mm Entfernung von der lothrechten Achse. Bei diesem Versuche, mit Beibehaltung der Pappdeckelbeilage, ergaben sich für

Belastungen von 10 15 20 25 30 35 40 t

Verlängerungen von 3,2 5,5 7,8 10,2 12,6 15,1 17,3 $^1/_{1000}$ mm

und bei der Wiederholung ohne Pappdeckelbeilage bei

Belastungen von 20 40 60 80 t

Verlängerungen von 7,0 16,9 26,5 36,9 $^1/_{1000}$ mm.

Das Aufquellen der Steine bei dem im Gewölbe auftretenden Drucke von 35 at beträgt sonach im Mittel etwa 14 Tausendstel Millimeter. Bei dem ganz ähnlichen Blankenberger Granit erfolgte nach den Angaben Professor Föppls in den Mittheilungen des Mech.-Techn. Laboratoriums der Bruch erst bei einer Dehnung von 60 Tausendstel Millimeter; hiernach können die Quader ganz erheblich gröfsere als die im Gewölbe auftretenden Pressungen ertragen.

Endlich wurde noch durch eine Beobachtungsreihe die gegenseitige Neigung der Steine, d. h. die Verdrehung des Gelenkes um seine wagerechte Achse festgestellt. Zu

diesem Behufe steckte man auf die übereinanderliegenden Zapfen c und e am oberen und unteren Steine feste Planspiegel, welche der Bewegung des Gelenkes folgten, und deren Drehung mittels Ablesefernrohres an einer Millimetertheilung abgelesen wurde, die in einer Entfernung von 2 m vor den Spiegeln aufgestellt war. Es wurde also an einem Theilbogen von 4 m Halbmesser abgelesen. Für Belastungen von

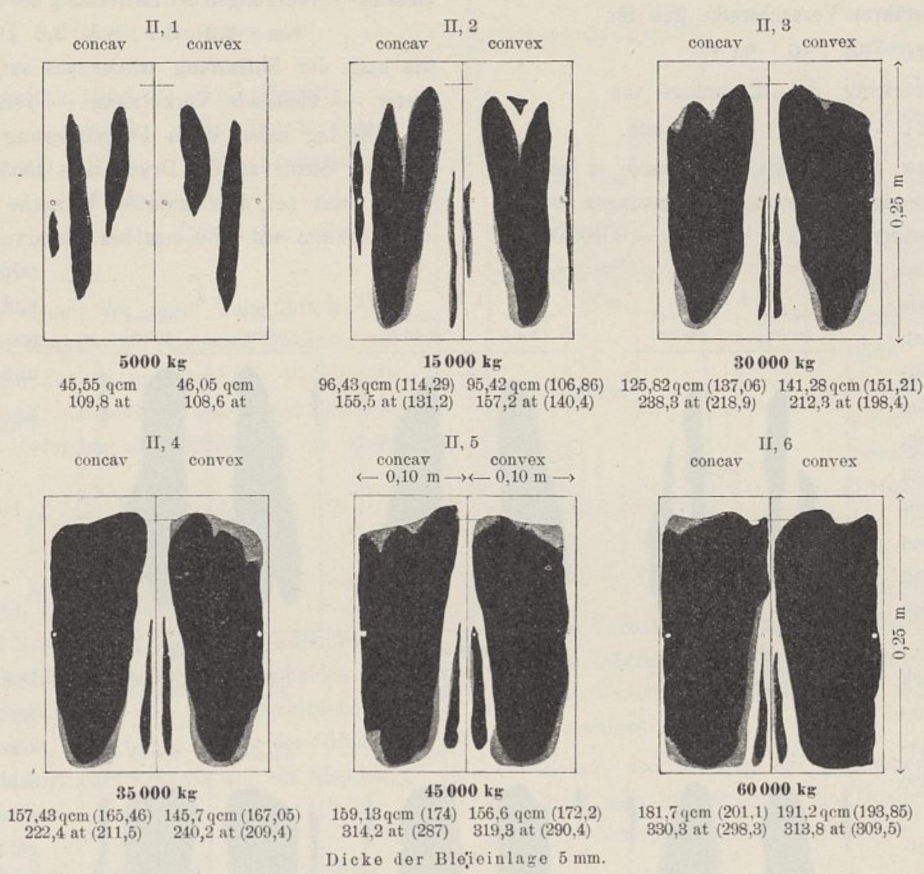
2 4 6 8
10 15 20 25
30 35 40
60 80 t

ergab sich eine relative Bewegung von

+1,5 ±0 -1,1 -1,3
-2,1 -2,9 -3,6 -4,6
−6,1 −7,1 −8,3
−11,6 −13,7 mm,

an der Millimetertheilung gemessen, wobei mit dem Vorzeichen — eine Verkleinerung des dem Beobachter zugewandten Winkels, mit dem Zeichen + eine Vergröfserung dieses Winkels ausgedrückt ist.

Die Gesamtbewegung des Gelenkes ergiebt sich aus obigem Versuche zu $1{,}5 + 13{,}7 = 15{,}2$ mm oder in Winkelmafs umgerechnet zu $0^0\,13{,}1'$. Diese 15,2 mm entsprechen durchaus



Dicke der Bleieinlage 5 mm.

Abb. 8.

III, 1
concav convex
35 000 kg
116,2 qcm 116,5 qcm
301,2 at 300,4 at
Dauer 5 Minuten.

III, 2
concav convex
0,25 m
35 000 kg
154,1 qcm 149,3 qcm
227,1 at 234,4 at
Dauer 4 × 24 Stunden.

Dicke der Bleieinlage 4 mm.

Abb. 9.

IV, 1
concav convex
15 000 kg
120,5 qcm (140,1) 122,9 qcm (141,7)
124,5 at (107,1) 122 at (105,9)

IV, 2
concav convex
← 0,10 m →← 0,10 m →
30 000 kg
161,8 qcm (176,1) 173,1 qcm (176,9)
184,8 at (170,4) 173,3 at (169,6)

IV, 3
concav convex
0,25 m
35 000 kg
182,1 qcm (187,8) 183,4 qcm (192,7)
192,2 at (186,3) 190,8 at (181,6)

Blei zwischen Kupferblechen, 2,2 + 2,8 = 5 mm dick.

Abb. 10.

nicht etwa der wirklichen Annäherung der Punkte c und e, sondern geben nur das Mafs für den gröfsten Drehungswinkel ab.

Die Quader, die im Verlauf der Versuche einer gröfsten Belastung von 94 t ausgesetzt worden waren, woraus sich der mittlere Druck auf die Gelenkfläche zu $\frac{94\,000}{25 \cdot 10} = 376$ kg (vollständiges Anliegen der Bleieinlage vorausgesetzt) berechnet, zeigten sich nach Beendigung der Versuche vollständig unbeschädigt und unverändert. Wie später gezeigt werden soll, kam ein völliges Anliegen der Bleiplatten, auch bei diesem hohen Drucke, nicht zustande, sodafs die wirkliche specifische Pressung noch eine höhere war.

Professor Föppl-München bemerkt noch zu diesen Versuchen, dafs „nach der Spiegelmethode bei der Steigerung der Belastung ganz stetige Bewegungen im Gelenke zu constatiren waren.“

Ein Aufquellen des Steines unmittelbar am Gelenke findet nicht statt; vielmehr wird der Stein an diesem Punkte auch der Quere nach zusammengedrückt. Ueber den Grund dieser Erscheinung vermag man sich theoretisch Rechenschaft zu geben. Praktisch wichtig wird diese Beobachtung, da somit eine Zerstörung im Gelenke um so weniger zu befürchten ist.

Die Versuche dehnten sich schliefslich noch auf das Verhalten des Bleies in der Fuge aus. Das Blei war gewöhnliches Walzweichblei von 250 qcm Fläche und von 3 mm durchaus gleichmäfsiger Stärke. Ueber die Druckfestigkeit dieses Materials liegen keine Versuche vor. Auf ein genaues Ausmessen der Fugen wurde bei diesen Versuchen nicht eingegangen. Das Aussehen der in den Text-Abbild. 7 bis 10 wiedergegebenen Diagramme der Bleieinlage ergiebt, dafs die Fugen selbst unter dem gröfsten Drucke sich nicht völlig geschlossen hatten.

Es wurden folgende Versuche angestellt:

I. Reihe mit 3 mm starkem Blei } zwischen Messingblechen.
II. „ „ 5 mm „ „ }

Die Belastungszeit für diese Versuche betrug fünf Minuten.

Zu den Diagrammen sei bemerkt, dafs sie die durch den Druck glatt gewordenen Flächen des Bleies darstellen. Die mit „concav“ bezeichnete Fläche ist diejenige, welche am oberen Steine anliegt. Die dunklen Flächen entsprechen den ganz klar umrissenen Flächen des Bleies, während die helleren Töne die Theile bezeichnen, auf denen der Druck schon zu wirken begonnen hat, ohne jedoch seine volle Wirkung auszuüben. Die Anlagestellen wurden nach jedem Einzelversuche umfahren und abgenommen, sodann das Blei für den nächsten Versuch wieder mit einer feinen Drahtbürste aufgerauht. Ein Fliefsen oder stärkeres Ausweichen des Bleies wurde nicht bemerkt.

Die Versuche der III. Reihe wurden mit 4 mm starkem Blei vorgenommen; sie sollten hauptsächlich den Einflufs der Zeitdauer des Druckes auf die Bleieinlage erproben. Die beiden unter 35 t Druck gemachten Versuche (Diagramme III, 1 u. 2, Text-Abb. 9) zeigen deutlich den Unterschied zwischen der bei III, 1 während fünf Minuten unterhaltenen Belastung und der bei III, 2 4×24 Stunden dauernden Belastung. Die Zunahme ist derartig, dafs anzunehmen ist, dafs bei noch längerer Zeitdauer der Gesamtquerschnitt zur Wirkung kommen wird.

Für die Gelenke der Brücke waren ursprünglich 3 mm starke Bleieinlagen zwischen Kupferblechen vorgesehen. Nach den Ergebnissen der ersten Versuche, welche die Schwierigkeit, solches Blei zum Anliegen zu bringen, erwiesen, sollten an deren Stelle 5 mm starke Einlagen treten. Bei der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit konnten während der Bauausführung weder 3 mm noch 5 mm starke Bleiplatten beigebracht werden. Deshalb wurden an Stelle einer Platte zwei Bleiplatten aus zur Verfügung stehendem Blei von 2,2 und 2,8 mm Stärke zwischen Kupferblechen verwandt. Um zu erheben, ob diese beiden, zusammen 5 mm starken Platten wie eine einzige Platte von 5 mm Stärke sich verhalten, oder ob etwa jede Platte für sich dem Anschliefsen widerstehen würde, wurden noch weitere Versuche mit diesen zusammengesetzten Platten gemacht. Das Ergebnifs dieser Versuche ist aus den Diagrammen IV, 1 bis 3, Text-Abb. 10 zu ersehen. Bei der Rauhheit des Kupferbleches ist das Ergebnifs der Versuche ein weniger deutliches, aber immerhin zufriedenstellendes und zeigt, dafs in der That diese zwei Platten zusammen sich verhalten wie eine Platte von 5 mm Stärke.

Die Ergebnisse dieser von den Professoren Baudirector v. Bach und Föppl vorgenommenen Versuche im Verein mit dem Verhalten der Granitgelenke lassen die Verwendung von Steingelenken an Stelle von Eisengelenken um so mehr gerechtfertigt erscheinen, als die Steingelenke thatsächlich weniger Kosten verursachen und das Auge mehr befriedigen. Sie ermuthigen somit zu weiterem Vorgehen in ähnlichem Sinne auch bei gröfseren Spannweiten.

Für eine vom Landesbaurath Leibbrand entworfene Brücke von 50 m Spannweite über den Neckar bei der Station Neckarhausen der Bahn Horb-Rottweil, welche neben der Strafse auch noch eine Kleinbahn von 1,0 m Spannweite aufnehmen wird, sind noch weitere Versuche in Aussicht genommen, die erweisen sollen, in welchem Verhältnifs die Gelenkquader einerseits auf Biegung und anderseits auf rückwirkende Festigkeit zu berechnen sind.

Der Bau des Kaiser Wilhelm-Canals.

Vom Geheimen Baurath Fülscher in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 27 bis 32 im Atlas.)

(Fortsetzung.)

E. Die Thore und sonstigen Verschlüsse sowie die Bewegungsvorrichtungen der Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau.

In diesem Abschnitt werden nacheinander behandelt werden:

a) die Schleusenthore nebst den Abdeckungen der Thornischen,
b) die Schützen der Umlaufcanäle,
c) die Spille,
d) die Bewegungsvorrichtungen der Thore, Schützen und Spille und
e) die Dockthore, die das Trockenlegen der Schleusen für Wiederherstellungsarbeiten ermöglichen.

a) Die Schleusenthore nebst den Abdeckungen der Thornischen.

Wie bereits bei der allgemeinen Darstellung des Bauentwurfs für den Kaiser Wilhelm-Canal auf Seite 382 u. f. des Jahrgangs 1896 dieser Zeitschrift und bei der eingehenden Beschreibung der Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau auf Seite 421 und 422, bezw. 553 des Jahrgangs 1897 dargelegt worden ist, ist jede Schleuse mit soviel Thoren ausgerüstet, dafs sowohl bei Elbe- bezw. Ostseewasserständen, die höher als der Canalwasserspiegel liegen, geschleust werden kann, als auch dann, wenn die Aufsenwasserstände niedriger sind, als der Canalwasserspiegel. Die dem ersteren Zweck dienenden Thore werden im folgenden als Fluththore bezeichnet werden, obgleich die Thore der Holtenauer Schleuse wegen des Fehlens von Ebbe und Fluth in der Ostsee diesen Namen nicht ganz mit Recht tragen. Die bei niedrigen Aufsenwasserständen zur Benutzung gelangenden Thore werden dementsprechend Ebbethore genannt werden. Aufser diesen Thoren besitzt jede Schleuse noch zwei Sperrthore, von denen das eine gegen den Vorhafen, das andere gegen den Binnenhafen kehrt. Sie sind so ausgebildet, dafs sie bei Strömung in den Schleusen ohne jede Gefahr geschlossen werden können und nach Zuschützung der in ihrer Fläche befindlichen grofsen Oeffnungen die Strömung in den Schleusen aufheben, sodafs nunmehr die Fluth- oder Ebbethore — je nach den vorhandenen Wasserstandsverhältnissen — in ruhigem Wasser geschlossen werden können. Ist dieses geschehen, dann werden zunächst die Schützenöffnungen der

Sperrthore wieder frei gemacht und darauf die Thore in ihre Nischen zurückgedreht.

Jede der beiden Schleusen in Brunsbüttel, und ebenso in Holtenau, hat somit zwei Fluththore, zwei Ebbethore und zwei Sperrthore. Da jedes Thor aus zwei Flügeln besteht, sind bei den beiden Schleusenanlagen nicht weniger als je 24 Thorflügel vorhanden. Die grofse Anzahl von Thorflügeln, die für den Schleusenbetrieb erforderlich war, legte die Erwägung nahe, ob nicht an Stelle der Stemmthore eine andere Verschlufsvorrichtung zur Ausführung zu bringen sei. Aufser den Stemmthoren konnten nur noch Schiebethore in Frage kommen, die den Vortheil haben, dafs sie nach beiden Richtungen hin kehren können; an jedem Haupt der Schleusen würde also statt eines Fluth- und eines Ebbethores nur ein Schiebethor nothwendig gewesen sein. Auch hätten sich die Schiebethore so ausbilden lassen, dafs sie bei Strömung in den Schleusen geschlossen werden konnten, und dafs somit die Anordnung von Sperrthoren überflüssig wurde. Anderseits haben sie den Nachtheil, dafs sie erheblich schwerer und langsamer zu bewegen sind als Stemmthore. Ihre Masse ist gröfser, und der Weg des Schiebethor-Schwerpunktes beträgt beim Schliefsen sowohl als beim Oeffnen rund 26 m. Das Stemmthor dagegen ist in zwei Flügel aufgelöst, die zusammen leichter sind als das Schiebethor, und aufserdem beträgt der Weg des Schwerpunktes jedes Thorflügels nur etwa 8,5 m. Dazu kommt, dafs die Bewegungswiderstände sich bei den Drehthoren übersehen lassen und, wenn von der Einwirkung des Windes auf die Thorflächen abgesehen wird, jederzeit gering bleiben. Dagegen können bei dem Schiebethor die rechnungsmäfsig ermittelten Widerstände noch aus verschiedenen Ursachen sehr erheblich und in ganz unberechenbarer Weise vergröfsert werden. Aufserdem kann auch die unter Umständen nicht zu vermeidende Verschlickung oder Versandung des unteren Führungsfalzes und der Thorkammer eine sehr beträchtliche Erschwerung der Thorbewegung herbeiführen. In ganz besonders hohem Mafse können die Bewegungswiderstände bei Schiebethoren — mögen die Thore gleiten oder auf Rollen laufen — zunehmen, wenn in der Sohle des Führungsfalzes beim ersten Einlassen des Wassers in die Schleuse oder später Bewegungen auftreten, welche die Höhenlage der Unterstützung des Schiebethores verändern. Dieser Fall wäre voraussichtlich bei den Schleusen in Brunsbüttel eingetreten, woselbst, wie bereits früher eingehend besprochen worden ist, recht erhebliche Setzungen des Schleusenmauerwerks vorgekommen sind. Endlich lassen sich die Stemmthore im Nothfalle mit Sicherheit durch Menschenkräfte an Stelle der für den Betrieb vorgesehenen Maschinenkraft bewegen, während diese Möglichkeit bei Schiebethoren kaum vorliegt. Unter fernerer Berücksichtigung der Thatsache, dafs Stemmthore durch eine langjährige Verwendung bei Schiffahrtsschleusen jeder Gröfse erprobt sind und somit die Gewähr für eine sichere Wirkung und einen schnellen Betrieb bieten, während das Anwendungsgebiet der Schiebethore bisher nur klein war und somit endgültige Erfahrungen über diese Thorart nicht vorliegen, konnte der Entschlufs, für die Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau Stemmthore zu wählen, nicht zweifelhaft sein.

Für die Durchbildung der Thorflügel war der Gesichtspunkt mafsgebend, dafs die Thore für die Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau möglichst genau gleiche Abmessungen erhalten sollten, weil dann die Zahl der für die Auswechslung schadhafter Thore bereit zu haltenden Flügel auf das geringste Mafs herabzumindern war. Bei den Ebbe- und Sperrthoren ist es gelungen, die Anordnung im einzelnen so zu treffen, dafs jeder Thorflügel sowohl in Brunsbüttel wie in Holtenau verwandt werden kann, dagegen mufsten für die beiden Schleusen verschiedene Fluththore beschafft werden, weil die Drempel in Brunsbüttel um 0,4 m tiefer, die Schleusenhäupter um annähernd 3 m höher als in Holtenau liegen. Als Material für die Thore wurde weiches Flufseisen gewählt, weil für dasselbe, zumal bei der ruhigen stofsfreien Belastung, wie sie durch den Wasserüberdruck auf die Thore ausgeübt wird, höhere Beanspruchungen zulässig sind als bei Schweifseisen. Aufserdem ist die Eigenschaft des Flufseisens, in der Walzrichtung und quer zu derselben gleiche Festigkeiten zu haben, für Schleusenthore von besonderem Werth. Für die zulässigen Beanspruchungen des Flufseisens wurden zwei verschiedene Grenzen festgesetzt. Bei Wasserdrucken, die im Schleusenbetriebe vorkommen, ist jedes Glied der Thore höchstens mit 900 kg für 1 qcm beansprucht; für Wasserdruckkräfte, die nur bei den höchsten Sturmfluthen, bezw. den tiefsten Niedrigwassern auftreten, steigen die Beanspruchungen bis 1200 kg/qcm. Für die Riegel-Stehbleche der Fluththore wurden für Sonderfälle, die indessen nur dann eintreten können, wenn zu Zeiten der höchsten Sturmfluthen grobe Fehler in der Behandlung der Thore seitens der Schleusenwärter gemacht werden, Beanspruchungen bis 1600 kg/qcm zugelassen, weil angenommen wurde, dafs es in solchem Falle genügen würde, wenn eine ausreichende Sicherheit gegen bleibende Formänderungen der Stehbleche vorhanden ist.

Wie bereits mitgetheilt, sind die Ebbethore und Sperrthore der beiden Schleusen vollständig gleich, die Fluththore dagegen verschieden. Diese Verschiedenheiten sind jedoch keineswegs grundsätzlicher Natur, vielmehr stimmen die Fluththore in Brunsbüttel und Holtenau in ihrer Durchbildung vollständig mit einander überein, es hat nur die gröfsere Höhe der Brunsbütteler Thore eine Vermehrung der Riegel und damit zusammenhängend eine andere Riegelentfernung als bei den Holtenauer Thoren herbeigeführt, und der gröfsere Wasserdruck, dem die Thore in Brunsbüttel Widerstand zu leisten haben, hat eine Verstärkung der Querschnitte nothwendig gemacht. Es erübrigt sich deshalb, beide Fluththore zu beschreiben, und es wird daher nur auf die Brunsbütteler Fluththore eingegangen werden. Im folgenden werden zunächst die Entwürfe der Thore, und zwar nach einander der Fluththore, der Ebbethore und der Sperrthore, sowie der Nischenabdeckungen beschrieben werden, dann erst wird auf die Bauausführung und die Kosten der Thore eingegangen werden.

1. Die Fluththore der Schleusen in Brunsbüttel.

Hierzu die Abbildungen auf Blatt 27 und 28.

Der Drempel der Schleusen in Brunsbüttel liegt mit seiner Oberkante auf der Höhe + 9,80, der höchste bekannte Wasserstand auf der Höhe + 25,01. In Rücksicht auf den Wellenschlag, der bei Sturmfluthen vor den Thoren auftritt, sowie die Möglichkeit, dafs spätere Fluthen noch über die bisher beobachtete gröfste Höhe auflaufen können, ist die

Thoroberkante auf + 25,50 gelegt. Die Höhe der Thore über der Drempeloberkante ergiebt sich somit zu 15,70 m. Der Mittelpunkt der Wendenische liegt 45 cm hinter der Flucht der Schleusenmauern, und der Halbmesser, nach dem die Nische ausgerundet ist, beträgt ebenfalls 45 cm. Bei 25 m Lichtweite der Schleusen und bei im Verhältnifs 1:3 geneigten Drempeln berechnet sich die Länge eines Thorflügels, gemessen in einer durch den Mittelpunkt der Wendenische gleichlaufend mit dem Drempel gelegten Linie, nach Mafsgabe der Text-Abb. 136 zu

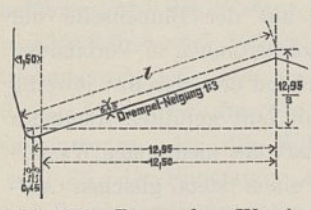


Abb. 136. Drempel u. Wendenische der Fluththore. 1:400.

$$l = \sqrt{12{,}95^2 + \left(\frac{12{,}95}{3}\right)^2} + 0{,}45 = 14{,}1006$$

$$= \text{rund } 14{,}10 \text{ m.}$$

Die Länge der Thorflügel ist somit nur wenig kleiner als die Höhe. Unter solchen Verhältnissen ist es im allgemeinen zweifelhaft, ob die Bildung des Thorgerippes aus einer Schlagsäule, einer Wendesäule und einer Anzahl zwischen diesen Säulen eingespannter Riegel zu einem geringeren Thorgewicht führt, als die Anordnung eines oberen Riegels, der als Stützpunkt für lothrechte Ständer, die sich mit ihrem unteren Ende gegen den Drempel lehnen, dient und den gesamten Stemmdruck des Thores aufzunehmen und auf das Schleusenmauerwerk zu übertragen hat. Zu Vergleichszwecken wurde deshalb je ein Entwurf für ein sogenanntes Riegelthor und ein sogenanntes Ständerthor aufgestellt. Die Kräfte, die der obere Riegel des Ständerthores zu übertragen hatte, wurden jedoch so grofs, dafs sie von einem sachgemäfs ausgebildeten Querschnitt nicht übernommen werden konnten. Es wurde deshalb nöthig, einen Mittelriegel einzuschalten. Dieser Riegel mufste aber der Verschwächung wegen, die das Schleusenmauerwerk dort erfährt, wo die Umlaufcanäle liegen, eine solche Höhenlage erhalten, dafs die von ihm aufzunehmenden Kräfte auch noch zu grofs wurden, um von ihm übertragen zu werden. Mithin hätte zur Einschaltung noch eines zweiten Zwischenriegels geschritten werden müssen. Unter diesen Umständen war auf eine Verminderung des Thorgewichtes durch die Verwendung von Ständern nicht mehr zu rechnen, und der Vortheil der Ständerthore, eine klarere Uebertragung der auf das Thor und seine Einzeltheile wirkenden Kräfte zu haben und damit eine zweckentsprechende Abmessung der Querschnitte des Thorgerippes zu erleichtern oder zu ermöglichen, kam in Fortfall. Deshalb wurde von der Anwendung von Ständern für die Fluththore, und zwar sowohl für die Schleusen in Brunsbüttel wie in Holtenau, Abstand genommen und die Thore wieder in der für Seeschleusen-Thore bisher üblichen Weise mit wagerechten Riegeln versehen. Die äufsere Erscheinung der Thore zeigt nach einer photographischen Aufnahme der Holtenauer Thore die Text-Abb. 137.

Das Gerippe der Brunsbütteler Fluththore besteht aus den beiden lothrechten Säulen, der Schlagsäule und der Wendesäule, und aus neun wagerechten Riegeln. Die Mitte des untersten Riegels liegt in der Höhe + 9,77, die des obersten auf + 23,45, also 2,05 m unter der Thoroberkante. Die Gründe hierfür werden später näher erläutert werden. Die Riegelentfernung ist in der ganzen Thorhöhe gleich, sie beträgt durchweg 1,52 m und ist damit erheblich gröfser als bei sämtlichen bekannt gewordenen, früher ausgeführten Thoren. Die Möglichkeit, eine so grofse Riegelentfernung zu wählen, war dadurch gegeben, dafs die Eisenwalzwerke die für die Thorhaut erforderlichen Bleche von 1,30 m Breite, 6 bis 7 m Länge und bis 16 mm Stärke Dank den Fortschritten in den Walzverfahren jetzt ohne erheblichen Aufschlag gegen den Grundpreis herstellen können. Die Wahl der grofsen Riegelentfernung empfahl sich aus mehreren Gründen. Zunächst wird die Zahl der Riegel und damit ihr Gewicht verringert, und diese Verminderung ist so grofs, dafs sie die Gewichtsvermehrung, die durch die nunmehr nothwendig werdende Versteifung der Hautbleche hervorgerufen wird, nicht unbeträchtlich übersteigt. 1 qm Ansichtsfläche wiegt z. B. bei den Thoren der neuen Wilhelmshavener Seeschleuse, die noch enge Riegelstellung haben, 0,615 t, während es bei den Brunsbütteler Thoren, trotz des höheren Wasserüberdrucks, der den Berechnungen der Thore zu Grunde gelegt ist — in Wilhelmshaven 4 m, in Brunsbüttel 5,7 m — nur 0,583 t wiegt. Dann wird die Zahl der auf der Baustelle zu schlagenden Niete und die Länge der daselbst zu dichtenden und auch später dicht zu haltenden Nähte verringert, was von grofser Bedeutung ist, und endlich werden die später zu unterhaltenden wagerechten Flächen des Thor-Inneren verkleinert und die Unterhaltungsarbeiten in den gröfseren Räumen überdies wesentlich erleichtert. Die Höhenlage des obersten Riegels mufste so gewählt werden, dafs die Verankerung der Halslager der Thorflügel den auf sie einwirkenden, unter Umständen sehr erheblichen Kräften ausreichenden Widerstand entgegensetzen kann. Im oberen Theil der Schleusenmauern sind aber die Kammern ausgespart, in denen die Motore, Transmissionen und Antriebe der Thore,

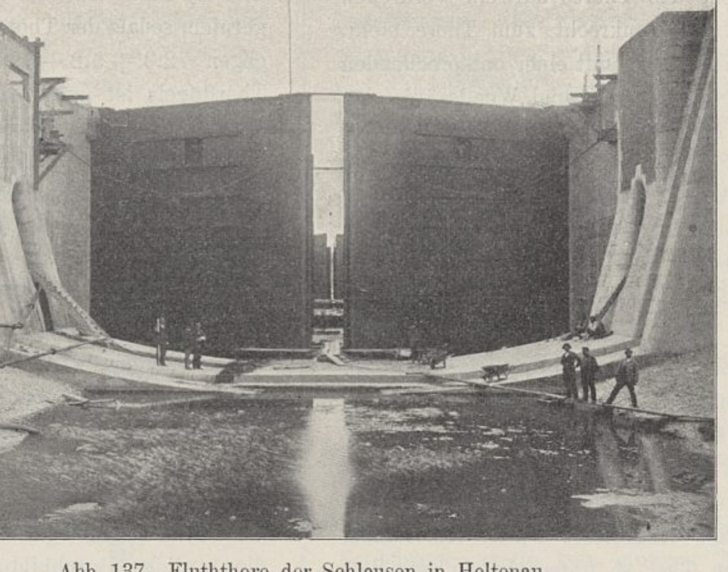


Abb. 137. Fluththore der Schleusen in Holtenau.

der Umlaufcanal-Schützen und der Spille untergebracht sind, und deshalb sind die Schleusenmauern dort nicht so stark, dafs sie gröfsere Kräfte aufnehmen können. Die Sohle dieser Kammern liegt auf der Höhe + 24,30. Dementsprechend ist die Mitte des Halszapfens und des Halslagers auf die Höhe + 23,85 und die Mitte des obersten Riegels auf + 23,45 gelegt. Die Mitte des untersten Riegels liegt auf + 9,77, es beträgt also die Entfernung zwischen dem untersten und obersten Riegel 13,68 m.

Die Grundform der Riegel ist aus der Abb. 8 auf Bl. 27 u. 28 zu ersehen, die daselbst eingeschriebenen Mafse beziehen sich auf die Aufsenkante der das Stehblech säumenden Winkeleisen. Im mittleren Riegeltheil laufen die Gurtungen auf 8 m Länge mit einander parallel und die Riegelhöhe beträgt hier 1,28 m. Nach den beiden Enden zu verjüngt sich die Riegelhöhe, jedoch mit der Mafsgabe, dafs die dem Drempel zugekehrte Gurtung bis nahe an die Schlag- und Wendesäule heran eine gerade Linie bildet. Die Drehachse der Thore liegt nicht in der Mittellinie der Riegel, sondern sie ist mehr nach dem Drempel hingerückt. Diese Anordnung hat den Nachtheil, dafs das Gewicht des Thores auf ein Verdrehen desselben in einer Ebene, die senkrecht zum Thore steht, hinwirkt; sie bringt aber im Verein mit einer entsprechenden Lage der Stemmleisten an der Schlag- und Wendesäule den grofsen Vortheil mit sich, dafs der Stemmdruck ein Moment bildet, welches den durch den Wasserdruck hervorgerufenen Riegelspannungen entgegenwirkt. Der Abstand der Drehachse der Thore von dem Mittelpunkt der Wendenischen ist zu 20 mm gewählt. Oberhalb des obersten Riegels ist nur auf der dem Aufsenhafen zugekehrten Thorseite eine Blechhaut angeordnet. Diese stützt sich gegen lothrechte Consolen, die an dem obersten Riegel angebracht sind. Zwischen dem obersten und dem untersten Riegel sind die Thore auf beiden Seiten mit dichten Blechwänden bekleidet. Da das Gewicht der Thore geringer ist als das Gewicht des von ihnen verdrängten Wassers, würden sie aufschwimmen, wenn das Thorgewicht nicht durch Ballast vergröfsert wird. Als Ballast ist Wasser gewählt, das im Thor so untergebracht ist, dafs bei allen Wasserständen ein möglichst gleichmäfsiger Druck auf den Spurzapfen wirkt, und ebenso möglichst gleichmäfsige und geringe Schubkräfte auf den Spur- und Halszapfen geäufsert werden. Zu diesem Zweck ist die im folgenden erörterte Anordnung getroffen. Durch die zehn vorhandenen Riegel wird das Thor-Innere in neun Abtheilungen zerlegt. Jede dieser Abtheilungen wird nun durch einen lothrechten Schacht, der als Einsteigeschacht dient und vom obersten bis zum untersten Riegel durchgeht, wieder in zwei Theile zerlegt, sodafs aufser dem Einsteigeschacht im ganzen 18 verschiedene Räume im Thor-Inneren entstehen (Text-Abb. 138). Von diesen Räumen sind bei regelrechtem Betriebe die untersten vier Abtheilungen zwischen dem Einsteigeschacht und der Schlagsäule mit Luft gefüllt, und das gleiche ist mit dem Einsteigeschacht in seiner ganzen Höhe der Fall; alle übrigen Räume stehen mit dem auf der Binnenseite der Thore befindlichen Wasser durch Rohrleitungen in Verbindung und füllen und leeren sich entsprechend dem daselbst jeweilig vorhandenen Wasserstande. Die mit Luft gefüllten Kammern sind so angeordnet, dafs sie unterhalb des niedrigsten Wasserstandes liegen, sie besitzen also einen stets gleichen Auftrieb, und dieser Auftrieb wirkt dem Gewicht des Thores entgegen und entlastet somit den Spurzapfen. Die Grundfläche der Luftkammern und des Einsteigeschachtes beträgt zusammen 11,87 qm, die Höhe der Luftkammer 6,09 m, der Auftrieb also $11{,}87 \cdot 6{,}09 =$ rund 72,3 t. Der Querschnitt des Einsteigeschachtes mifst 1,52 qm, bei dem auf + 19,27 liegenden niedrigsten Canalwasserstande wird durch den oberhalb der Luftkammerdecke gelegenen Theil des Einsteigeschachtes noch ein Auftrieb erzeugt von

$$1{,}52\ (19{,}27 - 15{,}85) = 5{,}2\ \text{t},$$

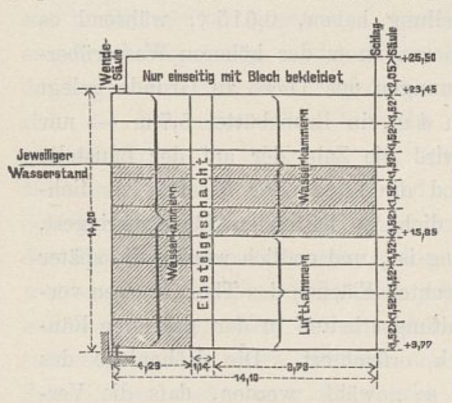


Abb. 138. Gerippe der Fluththore in Brunsbüttel. 1 : 400.

und durch das Eintauchen der Holz- und Eisentheile des Thores wird ein weiterer Auftrieb von etwa 5 t hervorgerufen, sodafs der Thorauftrieb bei dem Wasserstande + 19,27 gegen $72{,}3 + 5{,}2 + 5{,}0 = 82{,}5$ t beträgt. Das Gewicht eines Thorflügels ist nach der Gewichtsermittlung, die für die fertigen Thore aufgestellt worden ist, ziemlich genau gleich 130 t. Es lastet somit jeder Thorflügel bei dem Wasserstande + 19,27 mit $130 - 82{,}5 = 47{,}5$ t auf seinem Spurzapfen. Bei höheren Wasserständen vermindert sich der Druck, bei niedrigeren Wasserständen wächst er etwas an. Die Belastung des Spurzapfens mit 47,5 t ist reichlich grofs; es wäre zweckmäfsiger gewesen, wenn sie bis auf etwa 25 t herabgemindert worden wäre. Die dazu nöthige Vergröfserung des Luftkammer-Grundrisses hätte sich durch eine Verschiebung des Einsteigeschachtes nach der Wendesäule zu leicht erreichen lassen. Die Entwurfbearbeitung der Fluththore erfolgte jedoch auf Grund einer Gewichtsberechnung, die nach Zeichnungen aufgestellt war, die im wesentlichen die bauliche Durchbildung der Thore und nicht die Einzelanordnungen darstellten, und diese Gewichtsberechnung hat sich erst nach der Herstellung der Thore als zu niedrig erwiesen.

Die Lage der Luftkammern ist so gewählt, dafs der Hebelsarm ihres Auftriebes möglichst grofs wird, und deshalb sind die Luftkammern nach der Schlagsäule zu angeordnet. Der Hebelsarm beträgt rund 8,30 m, und da der Auftrieb der Luftkammern allein

$$(11{,}87 - 1{,}52) \cdot 6{,}09 = \text{rund } 63\ \text{t}$$

grofs ist, so ist das Moment des Auftriebes der Luftkammern gleich $63{,}0 \cdot 8{,}3 = 523$ tm. Der Einsteigeschacht hat bei dem Wasserstande + 19,27, also dem niedrigsten im Kaiser Wilhelm-Canal vorkommenden Wasserstande, einen Auftrieb von etwa 14,5 t, der Hebelsarm beträgt 4,35 m und somit das Moment dieses Auftriebes $14{,}5 \cdot 4{,}35 =$ rund 63 tm. Die Luftkammern und der Einsteigeschacht zusammen haben also ein Auftriebmoment von $523 + 63 = 586$ tm, und dieses Moment wirkt demjenigen des Thorgewichtes entgegen. Der Schwerpunkt der Thorflügel liegt fast genau in der Mitte derselben, hat also von der Mitte des Spur- und des Halszapfens einen Abstand von $\frac{14{,}10}{2} - 0{,}45 = 6{,}60$ m. Das

Gewicht eines Thorflügels beträgt 130 t, davon sind jedoch des durch das Eintauchen von Holz- und Eisentheilen entstehenden Auftriebs wegen nur 125 t in die Berechnung einzuführen, und das Moment des Thorflügel-Gewichts ist somit $= 125 \cdot 6{,}6 =$ rund 825 tm. Diesem Moment wirkt das Auftriebmoment mit 586 tm entgegen, es sind also nur $825 - 586 = 239$ tm von dem Hals- und dem Spurzapfen aufzunehmen. Da die Mitte des Halslagers auf der Höhe $+23{,}85$, der Spurzapfen auf $+9{,}65$ liegt, so haben Hals- und Spurlager wagerechten Kräften von

$$\frac{239}{23{,}85 - 9{,}65} = \text{rund } 16{,}8 \text{ t}$$

zu widerstehen. Da während der Bewegung der Thore niedrigere Wasserstände als $+19{,}27$ nicht vorkommen können, so ist die eben berechnete Kraft die höchste, die während des Schleusenbetriebes auf die Fluththorzapfen wirken kann. Bei allen höheren Wasserständen werden die Kräfte noch etwas kleiner. Es ist also durch die Anordnung der Luftkammern gelungen, die auf den Spur- und den Halszapfen wirkenden Kräfte sehr erheblich abzumindern, und dadurch werden nicht nur die bei der Bewegung der Thore zu überwindenden Reibungswiderstände verringert und die Bewegung der Thore erleichtert, sondern es ist auch der Abnutzung der Zapfen möglichst entgegengewirkt.

Nachdem so die allgemeine Anordnung der Fluththore besprochen ist und die dafür mafsgebenden Gesichtspunkte dargelegt worden sind, soll nunmehr auf die Ausbildung der Einzeltheile dieser Thore näher eingegangen werden.

Die Riegel und die Schlag- und Wendesäule. Die Riegel haben bis auf den obersten und den untersten einen gleichen, I förmigen Grundquerschnitt erhalten. Dieser ist aus einem Stehblech, vier das Stehblech säumenden Winkeleisen und zwei breiten Gurtplatten gebildet und in der Text-Abb. 139 dargestellt. Die beiden Gurtplatten ragen

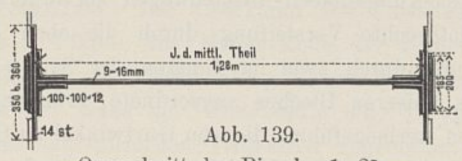


Abb. 139.
Querschnitt der Riegel. 1 : 25.

sowohl nach oben wie nach unten um 7 cm über die Winkeleisen hinaus, und an diese Flächen sind die Bleche der Aufsenhaut des Thores angeschlossen. Aufser diesen Gurtplatten haben die beiden Gurte der Riegel theilweise noch je zwei weitere Gurtplatten zur Erzielung des nöthigen Querschnitts erhalten müssen. Die Kanten dieser Platten und ebenso die der Hautbleche sind abgeschrägt worden, um das Verstemmen der Nähte zu erleichtern. Bei dem obersten und dem untersten Riegel fehlt an der dem Canal zugekehrten Gurtung je ein Winkel, und die breite Gurtplatte hat dort nur die halbe Höhe erhalten. Bei dem obersten Riegel fehlt der obere Winkel, damit das auf den Riegel fallende Regen- und Spritzwasser ablaufen kann, ohne in das Thor-Innere eingeführt oder durch dasselbe hindurchgeführt werden zu müssen. Auf der Unterseite des untersten Riegels ist die eichene Drempel-Anschlagleiste befestigt, und deshalb ist hier der eine Gurtwinkel und die halbe Gurtplatte in Wegfall gekommen. Da die Riegelstehbleche — wie später noch eingehender erörtert werden wird — theilweise ständig, theilweise unter besonderen Umständen durch lothrecht wirkenden Wasserdruck belastet werden, sind sie mit Winkeleisen ausgesteift. Diese Winkeleisen sind bei dem untersten Riegel auf der oberen Seite des Stehbleches angeordnet, bei allen übrigen Riegeln sind sie auf der Unterseite der Stehbleche aufgenietet; sie haben eine solche Länge erhalten, dafs sie zwischen die lothrechten Schenkel der Gurtwinkel der Riegel eingebaut werden konnten. Sämtliche Riegel sind mit ihren Enden in die Schlag- und Wendesäule hineingeführt. Diese Säulen haben beide genau den gleichen Querschnitt erhalten und bestehen aus je zwei 12 mm starken Blechen, die in der aus der Text-Abb. 140 ersichtlichen Weise gekrümmt sind. Das äufsere Blech ist 1256 mm breit, das innere jedoch 1532 mm, sodafs es beiderseitig um 143 mm über das äufsere Blech hervorragt. An diesen Ueberstand sind die Hautbleche des Thores mit doppelreihiger Vernietung angeschlossen.

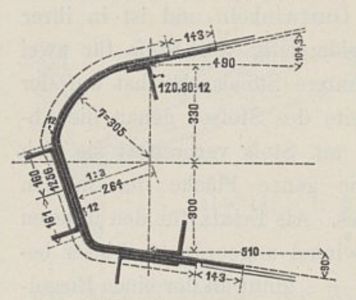


Abb. 140. Wagerechter Schnitt durch die Wendesäule. 1 : 25.

Die Stehbleche der Riegel sind den auf sie einwirkenden Kräften entsprechend zwischen 9 und 16 mm stark und durch Winkeleisen versteift. Der oberste und der unterste Riegel sind zweimal, die übrigen viermal gestofsen. Die Stöfse des obersten und untersten Riegels und die mittleren Stöfse der Zwischenriegel liegen an derselben Stelle und zwar in der Nähe der Enden des dem Drempel parallel laufenden Theiles der äufseren Gurtung, der Stofs ist genau in der Mitte zwischen zwei Versteifungen des Riegelstehbleches angeordnet. Der mittlere Theil des Stehbleches hat infolge dessen eine Länge von 6,72 m erhalten, sodafs dieses Blech bei 16 mm Stärke ein Gewicht von 1070 kg besitzt. Die Anordnung von Endstöfsen wurde nur bei den mittleren Riegeln nothwendig; mafsgebend hierfür war der Vorgang bei der Aufstellung der Thore. Der oberste und unterste Riegel sind nämlich im Werk vollständig fertig hergestellt worden, sodafs auf der Schleusenbaustelle kein einziger Niet in ihnen zu schlagen war. Mit dem unteren Riegel war zugleich je ein kurzes Stück der Wendesäule und der Schlagsäule, mit dem obersten Riegel ein kurzes Stück der Wendesäule angefertigt und im Werk fertig vernietet worden. Die Wendesäule zwischen dem Stofs oberhalb des unteren Riegels und dem Stofs unterhalb des oberen Riegels, die Schlagsäule von dem Stofs oberhalb des unteren Riegels bis zu ihrem oberen Ende, das etwa 2 m über dem obersten Riegel liegt, kamen in je zwei Theilen auf die Baustelle. Mit den Säulen waren die in ihnen liegenden Theile sämtlicher mittleren Riegel angefertigt und mit ihnen vernietet, sodafs auch in den Säulen nur die Niete auf dem Bauplatz zu schlagen waren, durch welche die beiden Theile zu einem Ganzen verbunden wurden. Diese Riegel-Enden bildeten aufserdem im Verein mit den in jedem Riegelfeld angeordneten zwei weiteren Versteifungen aus Kümpelblech eine vorzügliche Aussteifung der Säulen, sodafs an ihnen während des Versandes keine Formänderung eintreten konnte. Die mittleren Riegel wurden in ihrer vollen Länge von Endstofs zu Endstofs ebenfalls im Werk vollständig fertig gestellt und zwar mit sämtlichen Aussteifungen der Stehbleche, sodafs sich die gesamte während der Auf-

stellung der Thore zu leistende Nietarbeit auf das Vernieten der Stöfse, das Befestigen der Aufsenhaut mit ihren Aussteifungen und das Vernieten der Querwände beschränkte. Die Endstöfse der mittleren Riegel sind folgendermafsen angeordnet: Die Stofsfuge des Stehbleches und der Gurtwinkel ist so gelegt, dafs sie mit den beiden Enden des inneren Bleches der Schlag- und Strebesäulen abschneidet. Die oberen Gurtwinkel sind — wie die Text-Abb. 141 zeigt — durch Stofswinkel gedeckt, die unteren Gurtwinkel hören jedoch am Stofs auf. Die obere Stofslasche des Stehbleches deckt nur die Fläche zwischen den Gurtwinkeln und ist in ihrer Breite so bemessen, dafs sie beiderseitig vom Stofs für zwei Nietreihen Platz bietet. Die untere Stofslasche hat auf der von den Säulen abgekehrten Seite des Stofses genau die Abmessungen der oberen Lasche, am Stofs verbreitert sie sich jedoch und deckt nunmehr die ganze Fläche des in den Säulen liegenden Stehblechtheiles. Als Ersatz für den unteren Riegel-Gurtwinkel ist ein Deckwinkel angeordnet. Dieser beginnt an der einen Riegelgurtung in solcher Entfernung vor dem Stofs, dafs die erforderliche Anzahl von Anschlufsnieten untergebracht werden kann, läuft dann an der Innenwand der Säulen entlang und soweit über das Winkel-Ende an der zweiten Riegelgurtung hinaus, dafs wiederum der Querschnitt des Gurtwinkels durch den Querschnitt der Anschlufsniete gedeckt wird. Die Stärke der unteren Stofslasche ist genau gleich der Schenkelstärke der Gurtwinkel, der wagerechte Schenkel des Stofswinkels findet also auf ihr sein Auflager, für den lothrechten Schenkel mufste aber ein Futterstück angeordnet werden, da sonst zwischen ihm und dem inneren Blech der Säule ein Spielraum von der Breite der Schenkelstärke der Gurtwinkel entstanden wäre. Die untere Stofslasche und der untere Deckwinkel wurden, soweit angängig, im Werk mit dem Riegel-Ende und den Säulen vernietet; sämtliche Niete, die durch die obere Stofslasche und die Deckwinkel der oberen Gurtwinkel hindurchgehen, mufsten indessen auf der Baustelle geschlagen werden. Diese Niete sind in die Text-Abb. 141 eingetragen, die in der Werkstatt geschlagenen Niete sind dagegen nicht gezeichnet. Die Stöfse der Gurtwinkel des obersten und untersten Riegels liegen von den Säulen etwas weiter entfernt als bei den Zwischenriegeln (Abb. 8 auf Bl. 27 u. 28), sie sind durch Stofswinkel gedeckt und gegen einander versetzt.

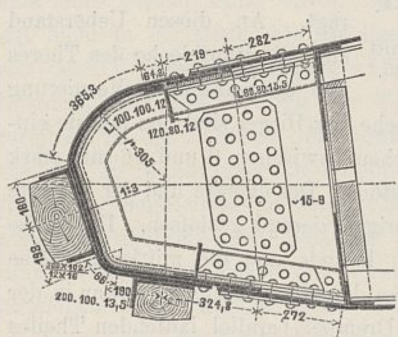


Abb. 141. Verbindung der mittleren Riegel mit der Wendesäule. 1 : 25.

An dem untersten Riegel ist die Spurpfanne mittels eines Lagers angebracht; um die erheblichen Druck- und Schubkräfte, die hier von der Wendesäule und dem Riegel aufgenommen werden müssen, besser übertragen zu können, ist das Stehblech durch je ein unten und oben aufgenietetes Blech verstärkt worden. Am oberen Riegel ist der Halszapfen befestigt, der einer gleichen Schubkraft wie der Spurzapfen zu widerstehen hat. Da der Angriffspunkt dieser Schubkraft etwa 40 cm über der Mitte des obersten Riegels liegt, so entsteht ein unter Umständen recht erhebliches Moment, das durch den Halszapfen auf die Wendesäule und den obersten Riegel übertragen wird. Damit das Stehblech seinen Antheil an diesem Moment mit Sicherheit übernehmen kann, ist es durch zwei obere und zwei untere Laschen von etwa 1 m Länge versteift. Die inneren Laschen füllen den Raum zwischen den Gurtwinkeln aus, die äufseren Laschen reichen über die wagerechten Schenkel dieser Winkel hinweg. Aufserdem ist unter die unterste Lasche an der Stelle, wo durch die Befestigungsschrauben des Halszapfenkörpers Zugkräfte auf das Stehblech übertragen werden, noch ein U-Eisen (N.-Profil Nr. 22) gelegt und zwar derartig, dafs es mit seinem Steg an dieser Platte anliegt und mit ihr vernietet ist. Die Enden des obersten und untersten Riegels an der Schlagsäule sind gleichartig ausgebildet; zwischen den Gurtwinkeln ist oben und unten je ein Verstärkungsblech von etwa 70 cm Länge angeordnet und aufserdem wird der gröfsere Theil dieses oberen Bleches und die anschliefsenden Theile der wagerechten Schenkel des oberen Gurtwinkels durch ein drittes Versteifungsblech überdeckt.

Die Stöfse der beiden Bleche, aus denen die Schlagsäule sowohl wie die Wendesäule gebildet ist, befinden sich mit Ausnahme des obersten und untersten Stofses in Höhe der Riegelmitten und zwar sind die Stöfse der beiden Bleche um eine Riegelentfernung gegen einander versetzt. Da das Gewicht und die Länge der Säulen für den Versand und die Aufstellung der Thortheile zu grofs geworden wären, so wurde jede Säule in zwei Theilen zur Baustelle geliefert. Der Stofs des inneren Bleches befindet sich bei dem sechsten, der Stofs des äufseren Bleches bei dem fünften Riegel von unten, und hier liegt auch der Stofs des U-Eisens, welches die Stemmleiste in sich aufnimmt, sowie bei der Wendesäule der Stofs des Winkeleisens, an dem die Dichtungsleiste befestigt ist. Aufser der wagerechten Versteifung, die durch die Riegel und durch die beiden zwischen je zwei Riegeln angeordneten Kümpelblech-Aussteifungen hervorgerufen wird, ist eine lothrechte Versteifung durch die eben erwähnten U-Eisen und durch zwei im Inneren der Säulen nahe den Enden des äufseren Bleches angeordnete, lothrecht gestellte Winkeleisen herbeigeführt, die von Gurtwinkel zu Gurtwinkel zweier benachbarter Riegel reichen, und mit den Kümpelblechen vernietet sind. Die Schlagsäule reicht um etwa 2 m über den obersten Riegel hinaus, ist aber in diesem Theil ihrer Länge genau so gebildet wie zwischen den Riegeln.

Die Thorhaut und ihre Aussteifung. Die Bleche der Thorhaut sind an die breiten Gurtplatten der Riegel mittels einer Nietreihe, an die inneren Bleche der Schlag- und Wendesäule jedoch mittels doppelreihiger Vernietung angeschlossen. In jedem Riegelfelde hat die Blechhaut auf jeder Thorseite drei Stöfse erhalten, und zwar liegen die Stöfse in beiden Thorseiten einander gegenüber und überdies in allen Riegelfeldern an derselben Stelle. Bei der verhältnifsmäfsig grofsen Entfernung der Riegel mufsten die Bleche versteift werden, wenn sie nicht ganz übermäfsig stark werden sollten. Gewählt sind lothrechte Versteifungsträger aus ⅂L-Eisen, die einen Abstand von 560 mm von einander haben und an die Riegelstehbleche bezw. deren Aussteifungen angeschlossen sind. Die Anschlufsbleche für die oberen Enden der Aussteifungsträger sind an die Versteifungs-Winkeleisen der Riegelstehbleche angenietet, für den Anschlufs der unteren

Träger-Enden sind besondere kurze Winkelstücke auf den Riegeln angebracht. Die gewählte Anordnung ist aus Abb. 1 u. 2 auf Bl. 27 u. 28 zu ersehen. Oberhalb des obersten Riegels ist nur eine Blechwand vorhanden, und zwar auf der dem Aufsenwasser zugekehrten Thorseite. Sie ist an die breite Gurtplatte des obersten Riegels und an das innere Blech der Schlagsäule genau in der gleichen Weise angeschlossen wie die übrigen Bleche der Thorhaut. An der Wendesäule war ein solcher Anschlufs nicht möglich, weil sie dicht über dem obersten Riegel des Halslagers wegen aufhört. Hier mufste eine andere Anordnung gewählt werden. Die Blechhaut ist auf die Innenseite der Thore verlegt und schliefst an die Verlängerung des Winkels an, der die Dichtungsleiste der Wendesäule stützt. Sie bleibt, wie Abb. 7 auf Bl. 27 u. 28 zeigt, auf der Innenseite bis zu dem Punkt, wo in den übrigen Riegelfeldern die der Wendesäule nächsten Versteifungsträger der Thorhaut liegen und springt dort nach der Aufsenseite der Thore über. Unterstützt wird diese Blechwand durch lothrechte Kragträger aus Gitterwerk, die auf dem obersten Riegel aufgebaut sind. (Vgl. dazu Abb. 1 u. 2 auf Bl. 27 u. 28.) In der halben Höhe ist die Blechwand gestofsen und beiderseitig verlascht; dicht unterhalb der Laschen sind wagerechte Winkel angeordnet, die die Blechwand versteifen und gleiche Winkel befinden sich an ihrer Oberkante.

Die Laufstege. Die Anordnung der Laufstege und ihrer Geländer geht aus den Abb. 1 bis 3 auf Bl. 27 u. 28 hervor. Die Oberkante des Geländers liegt genau auf der Höhe des Aufsen- und Binnenhauptes der Schleusen; da infolge dessen durch stark angespannte Trossen ziemlich erhebliche Kräfte auf das an der Rückseite des geöffneten Thores liegende Geländer ausgeübt werden können, so ist hier das Handläufer-Winkeleisen kräftiger gewählt als auf der Aufsenseite und aufserdem durch ein Flacheisen verstärkt, dessen Kanten gut abgerundet sind, um darüber hingleitende Trossen möglichst wenig abzunutzen. Die Oberkante des Fufssteges liegt auf der Höhe + 25,55, das Mauer-Ende der Schleusenhäupter auf + 26,50; zur Ueberwindung dieses Höhenunterschiedes wurde in der Nähe der Wendesäule eine Treppe mit fünf Steigungen und hölzernen Trittstufen angeordnet. Die Austrittstufe dieser Treppe besteht aus Eisenblech, sie ist so geformt, dafs sie sich bei geschlossenem Thor der Wendenische genau anschliefst.

Die Dichtungs- und Stemmleisten. Die Dichtung des Thores am Drempel und an der Wendesäule erfolgt mittels eichener Leisten, ebenso die Uebertragung der Druckkräfte von den Thoren auf das Mauerwerk der Wendenische und die Uebertragung der Kräfte zwischen den beiden Flügeln eines Thores. Die letzteren Leisten, die Stemmleisten, haben 27 cm Breite und 15 cm Stärke erhalten. Die Stemmleiste an der Wendesäule ist nach dem Halbmesser der Nische abgerundet und so angebracht, dafs bei geschlossenem Thor der Mittelpunkt ihrer Cylinderfläche mit dem Mittelpunkt der Wendenische zusammenfällt. Hierdurch wird erreicht, dafs die Mittelkraft der auf die Wendenische zu übertragenden Kräfte durch die Mitte der Stemmleiste und den Wendenischen-Mittelpunkt geht, sodafs die an der Wendesäule noch weiterhin angeordnete Dichtungsleiste rechnerisch keinen Druck erhält. Die Aufsenfläche der Stemmleiste an der Schlagsäule mufs in der Schlufsstellung der Thore mit der durch die Schleusenlängsachse gehenden senkrechten Ebene zusammenfallen, sie steht damit senkrecht zu der Mittelkraft der von Thorflügel zu Thorflügel zu übertragenden Kräfte. Die Lage der Stemmleisten und damit zusammenhängend die Form der Schlag- und Wendesäule sind so gewählt, dafs die Mittelkraft der auf die Säulen wirkenden äufseren Kräfte bei der Wendesäule und der Schlagsäule die äufsere Begrenzung der eisernen Riegel in Punkten trifft, die genau den gleichen Abstand von der durch die Mitte der Wendenische gehenden Thorflügelachse haben, nämlich 9,5 cm (Text-Abb. 142). Die Mittelkraft R der äufseren Kräfte entsteht — wie bekannt — durch das Zusammenwirken zweier Kräfte, nämlich einer Kraft V senkrecht zur Thorachse und gleich der halben Gröfse des auf einen Thorflügel zur Wirkung gelangenden Wasserdrucks und einer Kraft S, die parallel zur Thorachse wirkt und im folgenden stets als Stemmkraft bezeichnet werden wird. Die Stemmkraft geht bei der hier gewählten Lage der Stemmleisten nicht durch den Schwerpunkt des Riegelquerschnittes hindurch; deshalb ruft sie in Bezug auf diesen Punkt ein Biegungsmoment hervor, und zwar ist dieses Moment dem durch den Wasserdruck hervorgerufenen Moment entgegengesetzt, sodafs es die durch dieses hervorgerufenen Spannungen theilweise wieder aufhebt. Infolge dessen trat eine nicht unbeträchtliche Ersparnifs an den Riegelquerschnitten ein.

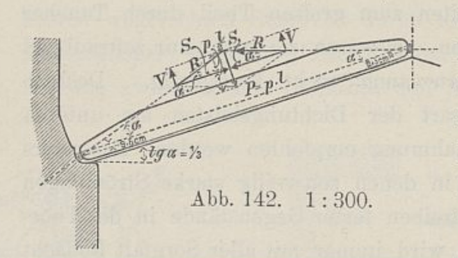


Abb. 142. 1 : 300.

Die Dichtungsleisten an der Wendesäule und an dem untersten Riegel sollen einen wasserdichten Schlufs zwischen dem Schleusenmauerwerk und den Thoren herstellen, dagegen ist die Uebertragung von Kräften zwischen Thor und Mauerwerk nicht ihre Aufgabe. Bei der Entwurfbearbeitung wurde versucht, die Dichtungsleisten derartig beweglich mit dem Thor zu verbinden, dafs sie Kraftübertragungen nicht bewirken konnten, durch den Wasserüberdruck auf der einen Thorseite aber so fest gegen das Thor einerseits und das Mauerwerk der Drempel bezw. der Wendenische anderseits geprefst wurden, dafs eine ausreichende Dichtung eintreten mufste. Eine Lösung dieser Aufgabe, von der erwartet werden konnte, dafs sie sich unter allen Umständen als wirksam und dauerhaft erweisen werde, gelang jedoch nicht, und deshalb wurden die Leisten, wie aus Blatt 27 und 28, sowie aus der Text-Abb. 141 zu ersehen ist, mit den Thoren fest verbunden. Hierdurch wird allerdings bewirkt, dafs die Kraftübertragungen in einzelnen Thortheilen und zwischen den Thoren und dem Schleusenmauerwerk nicht überall mit voller Sicherheit festgestellt werden können; da jedoch irgend welche Nachtheile für die Haltbarkeit oder Betriebsicherheit der Thore bei den zahlreichen, in gleicher Weise mit festen Dichtungsleisten versehenen und seit langen Jahren in Benutzung befindlichen Schleusenthoren nicht bekannt geworden sind, so konnte es auch hier keinem Bedenken unterliegen, die altbewährte Anordnung beizubehalten.

Die Befestigungsart der Dichtungsleiste am untersten Riegel, wie sie aus der Abb. 1 u. 2 auf Bl. 27 u. 28 zu ersehen ist, ist aus den Bemühungen, die Leiste beweglich zu machen, hervorgegangen. Trotzdem davon später Abstand

genommen wurde, ist doch die Lage der Leiste beibehalten worden; sie ist, wie sich in Brunsbüttel gezeigt hat, derart, dafs unter Umständen Beschädigungen eintreten können, die recht schwierig auszubessern sind. Besonders in der ersten Zeit nach der Inbetriebnahme der Schleusen, als die Bauarbeiten im Canal noch in vollem Gange waren, aber auch später legten sich mehrfach treibende Hölzer und andere Gegenstände vor die Drempel. Beim Schliefsen der Thore wurden dann die Dichtungsleisten abgerissen und die sie mit dem Thor verbindenden Schraubenbolzen verbogen. Da die Wiederherstellungsarbeiten zum grofsen Theil durch Taucher bewirkt werden mufsten, so waren sie nicht nur zeitraubend und schwierig, sondern auch recht kostspielig. Deshalb kann die Befestigungsart der Dichtungsleisten am unteren Riegel nicht zur Nachahmung empfohlen werden. Besonders in solchen Schleusen, in denen zeitweilig starke Strömungen auftreten, die das Eintreiben fester Gegenstände in die Thorkammern begünstigen, wird immer mit aller Sorgfalt Bedacht darauf zu nehmen sein, dafs die Dichtungsleisten am unteren Riegel so befestigt werden, dafs sie gegen Beschädigungen möglichst gesichert und in einzelnen, nicht zu grofsen Längen bequem auszuwechseln sind.

Die Schutzhölzer. Um die in den Nischen liegenden Thore beim Gegenfahren von Schiffen vor dem Verbiegen zu schützen, sind an den sechs oberen Riegeln Hölzer von 0,22 m Breite und solcher Stärke angebracht (Text-Abb. 143), dafs ihre Aufsenkanten bei vorschriftsmäfsiger Lage die Nischenwand berühren. Diese Schutzhölzer erstrecken sich jedoch nur über den mittleren geradlinigen Theil der Thore und haben deshalb gegen 7,30 m Länge. Eine gleiche Leiste ist am untersten Riegel angebracht, sie begrenzt die Bewegung dieses Riegels beim Aufdrehen der Thore. Die Stärke der Schutzhölzer schwankt zwischen 12 und 14 cm.

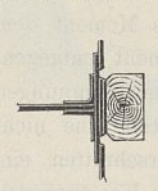


Abb. 143. Schutzholz an den Rückseiten der Riegel. 1 : 25.

Der Spurzapfen und das Spurlager. Der Spurzapfen hat das Gewicht des Thorflügels auf das Schleusenmauerwerk zu übertragen und überdies der Schubkraft Widerstand zu leisten, die dadurch entsteht, dafs die Mittelkraft des Thorgewichtes einen Abstand von 6,6 m von der Achse des Spur- und Halszapfens hat. Seine Beanspruchung wird am gröfsten, wenn die Schleuse aus irgend einem Grunde von Wasser entleert worden ist und das Thor frei in ihr hängt. Dann wirkt das Gesamtgewicht des Thores, das sind 130 t, als Druck auf den Zapfen, und die Schubkraft beträgt, da Spurzapfen und Halslager eine Entfernung von 14,2 haben,

$$\frac{130 \cdot 6{,}6}{14{,}2} = 60{,}4 \text{ oder rund } 60 \text{ t.}$$

Für diese Kräfte ist das in den Text-Abb. 144 und 145 in einem Schnitt und in einem Grundrifs des Spurzapfen-Lagerbocks dargestellte Spurlager entworfen. Die Druckvertheilung über die Grundfläche des Lagerbocks ist zeichnerisch nach dem von Mohr im Jahrgang 1883, Seite 161, der Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins angegebenen Verfahren ermittelt worden; dabei wurde eine Druckbeanspruchung des Granits unter dem Lagerbock bis zu 50 kg für 1 qcm zugelassen. Das Gufseisen erfährt auf der Zugseite Biegungsspannungen bis zu 580 kg für 1 qcm. Aufser dem Lagerbock des Spurzapfens, der aus Gufseisen besteht, sind alle Theile aus Flufsstahl von 50 bis 55 kg Festigkeit für 1 qmm und etwa 20 v. H. Dehnung hergestellt worden. Die Grundplatte der Lagerpfanne ist mit dem verstärkten Stehblech des untersten Riegels vernietet, der Lagerbock des Spurzapfens ist so gestellt, dafs die abgerundete Seite in der Wendenische liegt und die Symmetrieachse mit der Achse des halb geöffneten Thores zusammenfällt. Die Grundplatte des Lagerbocks ist vollständig in den aus Granit bestehenden Spurlagerstein eingelassen, sodafs ihre Oberfläche mit derjenigen des Steins bündig liegt. Sie hat eine Reihe von Löchern erhalten, die das Vergiefsen erleichtern und eine vollständige Anfüllung des Raumes zwischen Eisen und Granit mit dem zum Vergiefsen verwandten Cement gewährleisten sollen. An der der Wendenische entgegengesetzten

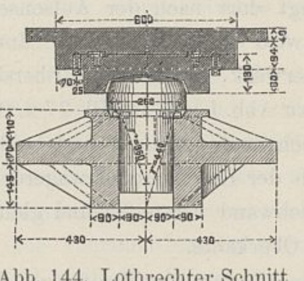


Abb. 144. Lothrechter Schnitt durch das Spurlager.

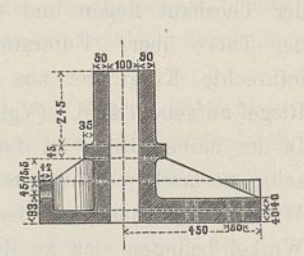
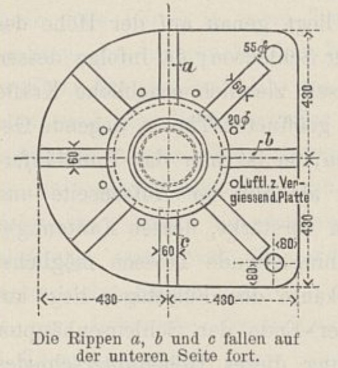


Abb. 146. Lothrechter Schnitt durch den Halszapfen.



Die Rippen *a*, *b* und *c* fallen auf der unteren Seite fort.

Abb. 145. Oberansicht des Lagerstuhls. 1 : 25.

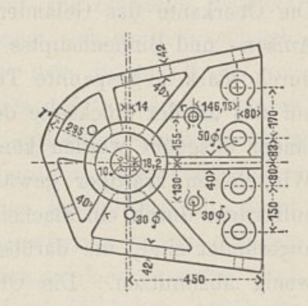


Abb. 147. Grundrifs des Halszapfens. 1 : 25.

Seite ist die Grundplatte durch zwei Steinschrauben mit dem Schleusenmauerwerk verbunden. Diese Steinschrauben sollen die Zugkräfte aufnehmen, die dadurch entstehen, dafs das Moment der Schubkraft gröfser ist als das Moment der lothrechten Belastung des Zapfens. Da der Unterschied beider Momente nur klein ist, so ist diese Zugkraft so gering, dafs sie durch die beiden Steinschrauben mit Sicherheit übertragen werden kann. Der Spurzapfen ist um 2 cm aus der Mitte der Wendenische heraus verlegt, um ein leichteres Oeffnen des Thores zu erreichen und die Stemmleiste an der Wendesäule vor Abnutzung zu bewahren.

Der Halszapfen, das Halslager und seine Verankerung. Das Halslager besteht aus dem Halszapfen, der auf dem obersten Riegel angeordnet und mit diesem und der Wendesäule durch Schraubenbolzen verbunden ist, dem Halsband, dem Stützkörper für dieses und der Verankerung. Der in den Text-Abb. 146 und 147 dargestellte Halszapfen besteht aus einem flufsstählernen Hohlcylinder von 200 mm äufserem und 100 mm innerem Durchmesser, der mit einem Bund versehen und gegen seine Grundplatte durch sechs

kräftige Rippen abgesteift ist. Die Grundplatte liegt auf dem Verstärkungsblech des Riegel-Stehbleches auf, an ihrem Umfange ist sie mit einer lothrechten Rippe versehen, die durch eine Reihe von Schraubenbolzen mit den Gurtwinkeln des obersten Riegels und der Wendesäule verbunden ist. Der Widerstand des Halslagers wirkt in der Mitte des Halsbandes, während der Zug des Thores durch die Grundplatte des Halszapfens übertragen wird. Es entsteht infolge dessen ein Moment, das den Halszapfen um die hintere Kante seiner Grundplatte kippen will. Diesem Moment haben die vier, nahe der vorderen Kante der Grundplatte angeordneten und diese mit dem verstärkten und versteiften Riegelstehblech (vergl. S. 215) verbindenden Schraubenbolzen zu widerstehen. Sie

soweit die Hohlräume nicht von den beweglichen Theilen der Zuganker in Anspruch genommen werden, mit Cement ausgegossen. Das Halsband ist aus Flufsstahl hergestellt. Es besteht aus dem 200 mm hohen, ringartigen eigentlichen Halsband, dem Körper, mit dem sich das Halsband gegen den gufseisernen Stützkörper legt, und den beide Theile verbindenden wagerechten Stegen. Diese Stege sind durch Wulste verstärkt und über den Halsbandring verbreitert; zwischen ihnen finden die beiden Anker Platz, die durch je einen Keil mit dem Halsband verbunden sind. Jeder der beiden wagerechten Stege ist durch zwei Rippen gegen den Anlegekörper versteift. Die Flächen, in denen eine Berührung zwischen dem Halsband und dem gufseisernen Stütz-

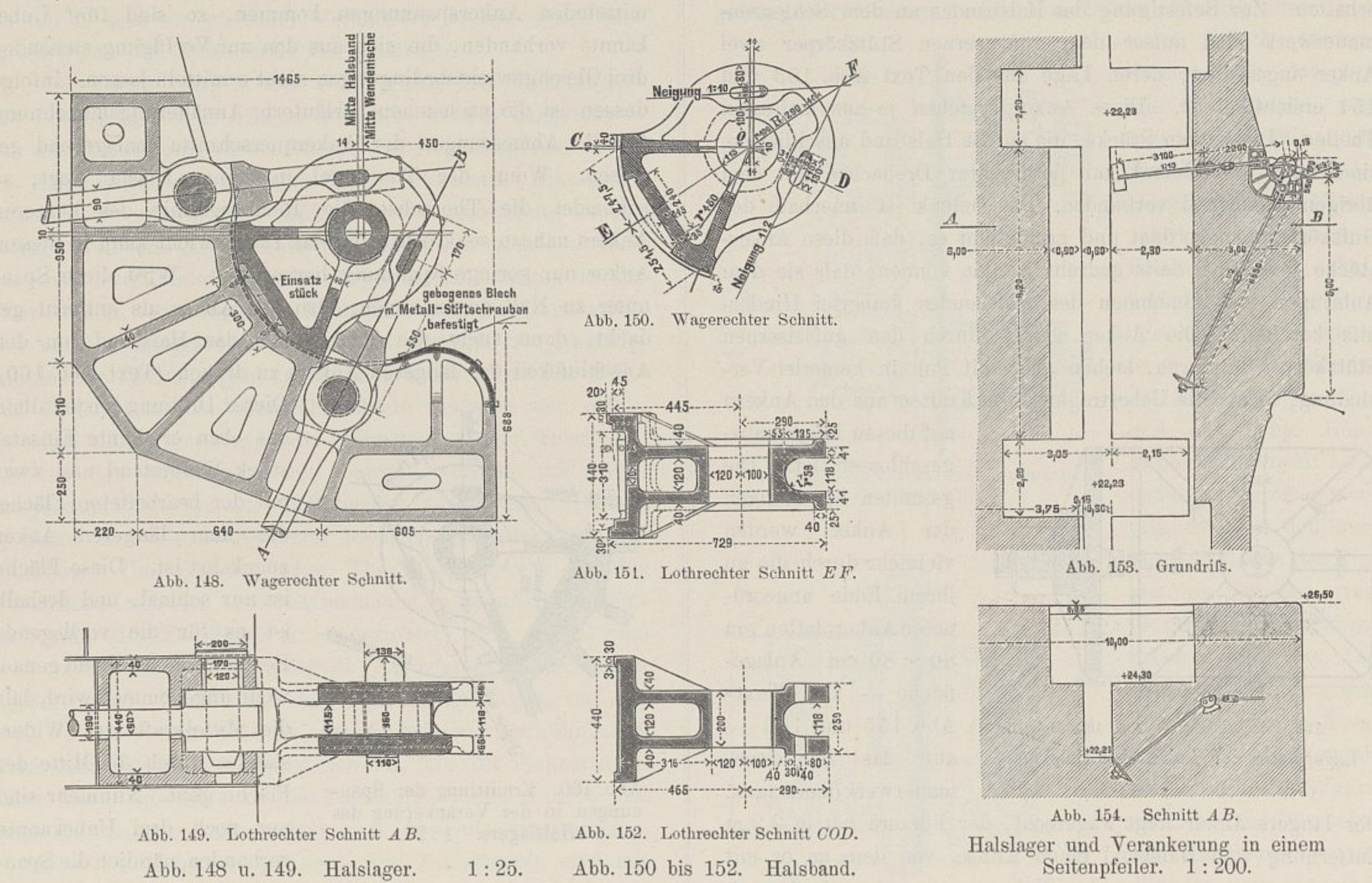


Abb. 148. Wagerechter Schnitt.

Abb. 149. Lothrechter Schnitt *AB*.

Abb. 148 u. 149. Halslager. 1 : 25.

Abb. 150. Wagerechter Schnitt.

Abb. 151. Lothrechter Schnitt *EF*.

Abb. 152. Lothrechter Schnitt *COD*.

Abb. 150 bis 152. Halsband.

Abb. 153. Grundrifs.

Abb. 154. Schnitt *AB*.

Halslager und Verankerung in einem Seitenpfeiler. 1 : 200.

erhalten hierbei recht erhebliche Zugkräfte und sind deshalb 50 mm stark gemacht; aufser ihnen sind noch vier Schraubenbolzen von 30 mm Durchmesser über die Grundplatte vertheilt angeordnet worden.

Die Anordnung des Halsbandes, seines Lagerkörpers und der Verankerung ist so erfolgt, dafs im Bedürfnifsfalle ein leichtes Abnehmen und Wiederanbringen des Halsbandes gesichert ist, sodafs das Auswechseln eines Thorflügels gegen einen Ersatz-Flügel möglichst schnell bewirkt werden kann. Jede Verbindung des Halsbandes und des Stützkörpers durch Schraubenbolzen ist deshalb vermieden worden, da sich diese Bolzen erfahrungsmäfsig schwer entfernen lassen. Die Anordnung des Halsbandes und des Stützkörpers, sowie die Verbindung des Halsbandes mit den beiden Zugankern ist in den Text-Abb. 148 bis 152 dargestellt. Der Stützkörper besteht aus Gufseisen und hat dieselbe Höhe erhalten, wie die Quadern, mit denen die Wendenische verblendet ist, nämlich 44 cm; er ist fest eingemauert und auch im Inneren,

körper stattfindet, sind sämtlich auf das sorgfältigste abgedreht und behobelt. Es sind drei Paar solcher Berührungsflächen vorhanden. Das Halsband greift oben und unten mit 2 cm breiten und unter 1 : 5 geneigten Flächen über den Lagerkörper über, und hierdurch wird jede Hebung oder Senkung des Halsbandes verhindert. Es legt sich mit zwei senkrecht stehenden Cylinderflächen, deren Halbmesser gleich dem Halbmesser der Wendenische ist, gegen die gleich bearbeiteten entsprechenden Flächen des Lagerkörpers, und hierdurch wird eine genaue senkrechte Stellung der Halsbandachse gewährleistet. An einer Drehung um die Halsbandachse wird der Halsbandkörper dadurch verhindert, dafs sich zwei senkrechte Flächen eines in den Stützkörper eingelassenen und mit ihm durch Stiftschrauben verbundenen Einsatzstückes mit entsprechenden Flächen des Halsbandkörpers berühren. Ueberall, wo keine Berührung zwischen Halsband und Lagerkörper stattfinden soll, ist ein genügender Spielraum zwischen den Flächen gelassen, sodafs Kraft-

übertragungen nur an den bearbeiteten Flächen vorkommen können.

Wenn die Stemmleiste an der Wendenische abgenutzt ist, dann wird der geschlossene Thorflügel durch den Stemmdruck soweit in die Wendenische hineingeschoben, dafs die Stemmleiste wieder zum Anliegen kommt. Damit nun in solchem Falle die Möglichkeit ausgeschlossen ist, dafs auf das Halsband Stemmdruck wirkt, ist die für den Durchgang des Halszapfens vorhandene Bohrung aus zwei Halbcylindern zusammengesetzt. Die vordere Hälfte dieser Bohrung, die während der Bewegung der Thore die Zugkraft aufzunehmen hat, ist nach dem Halbmesser des Halszapfens hergestellt, die hintere Hälfte hat einen 15 mm gröfseren Halbmesser erhalten. Zur Befestigung des Halsbandes an dem Schleusenmauerwerk sind aufser dem gufseisernen Stützkörper zwei Anker angeordnet, deren Lage aus den Text-Abb. 153 und 154 ersichtlich ist. Diese Anker bestehen je aus mehreren Theilen. Die kurzen Stücke, die an das Halsband anschliefsen, sind durch ein Gelenk mit lothrechter Drehachse mit dem übrigen Ankertheil verbunden. Das Gelenk ist innerhalb des Gufskörpers angeordnet und ermöglicht es, dafs diese Ankerstücke soweit bei Seite gedreht werden können, dafs sie dem Anbringen und Abnehmen des Halsbandes keinerlei Hindernifs bereiten. Die Anker gehen durch den gufseisernen Stützkörper hindurch, stehen aber mit ihm in keinerlei Verbindung, sodafs die Uebertragung von Kräften aus den Ankern auf diesen Körper ausgeschlossen ist. Die gesamten Spannungen der Anker werden vielmehr durch die an ihrem Ende angeordneten Ankerplatten von 80 × 80 cm Anlagefläche — sieh Text-Abb. 155 und 156 — auf das Schleusenmauerwerk übertragen.

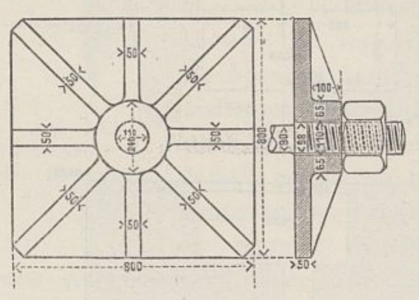


Abb. 155. Ansicht. Abb. 156. Schnitt.
Lagerplatte der Anker des Halslagers. 1 : 25.

Der längere Anker liegt wagerecht, der kürzere hat in 2,2 m Entfernung vom Halsband einen Knick, von dem an er mit der Neigung von etwa 1 : 1 nach unten geführt ist. Der Knickpunkt hat die in den Text-Abb. 157 u. 158 dargestellte Ausbildung erhalten; er ist angeordnet worden, damit die Lagerplatte des Ankers soviel Mauerwerk fafst, dafs das Gewicht desselben hinreicht, um in einer etwaigen Bewegungsfläche soviel Reibung zu erzeugen, dafs diese mit Sicherheit gröfser als die höchste Ankerspannung ist. Die Scherfestigkeit des Mauerwerks ist ganz unberücksichtigt geblieben, sodafs die Verankerung einen hohen Sicherheitsgrad besitzt. In den Ankern sind Spannmuttern mit Rechts- und Links-Gewinde — Text-Abb. 159 — angeordnet, die nach dem Vermauern der Lagerplatten und dem Untermauern der Stützkörper an den Knickpunkten Verlängerungen und Verkürzungen der Anker gestatteten.

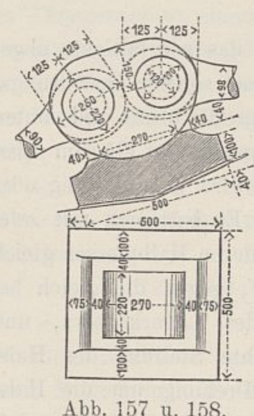


Abb. 157 u. 158. Knie in den Ankern. 1 : 25.

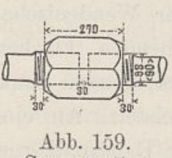


Abb. 159. Spannmutter. 1 : 25.

Die Berechnung der Spannungen in den einzelnen Theilen des Halslagers läfst sich nur für den einen Belastungsfall, wenn die Thorachse durch den Schnittpunkt der Ankermittellinien geht, rechnerisch genau durchführen. Dann entstehen in beiden Ankern Zugspannungen, und zwar betragen diese 34 t, während am Stützkörper keinerlei Kräfte auftreten. In allen übrigen Belastungsfällen hat jedoch auch der Stützkörper Widerstand zu leisten. Da dieser Widerstand sowohl nach Gröfse wie nach Lage und Richtung unbekannt ist und dazu noch die beiden zu ermittelnden Ankerspannungen kommen, so sind fünf Unbekannte vorhanden, die sich aus den zur Verfügung stehenden drei Gleichgewichtsbedingungen nicht ermitteln lassen. Infolge dessen ist die nachstehend erläuterte Annäherungsberechnung für die Abmessungen der Ankerquerschnitte mafsgebend gewesen. Wenn der Thorflügel in seiner Nische liegt, so schneidet die Thorachse die Richtungslinie des kürzeren Ankers nahezu senkrecht, und das Thorgewicht kann in diesem Anker nur geringe Spannung hervorrufen. Wird diese Spannung zu Null angenommen, also der Anker als entfernt gedacht, dann sucht das Thorgewicht das Halsband um den Anschlufskeil des längeren Ankers zu drehen (Text-Abb. 160). Dieser Drehung leistet allein das oben erwähnte Einsatzstück Widerstand und zwar mit der bearbeiteten Fläche, die dem längeren Anker zugekehrt ist. Diese Fläche ist nur schmal, und deshalb ist es für die vorliegende Rechnung ausreichend genau, wenn angenommen wird, dafs die Mittelkraft des Widerstandes durch die Mitte der Fläche geht. Nunmehr sind nur noch drei Unbekannte vorhanden, nämlich die Spannung in dem längeren Anker nach ihrer Gröfse und der Widerstand des Einsatzstückes gegen eine Drehung des Halsbandes nach Gröfse und nach Richtung.

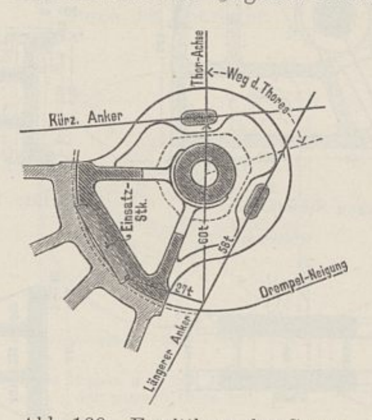


Abb. 160. Ermittlung der Spannungen in der Verankerung des Halslagers. 1 : 25.

Die Ermittlung der Spannungen ist zeichnerisch erfolgt und hat bei 60 t Thorzug in dem längeren Anker eine Zugspannung von rund 58 t ergeben, während der Widerstand des Einsatzstückes etwa 27 t betragen mufs. Wenn das Thor aus seiner Nische herausbewegt wird, dann werden die Spannungen in dem längeren Anker kleiner, während sie in dem kürzeren zunehmen. Ebenso nimmt der Druck auf das Einsatzstück ab. Befindet sich die Thorachse in der Halbirungslinie des Winkels, den die Ankermittellinien bilden, dann geht sie zugleich durch den Schnittpunkt dieser Linien, in beiden Ankern ist die Zugkraft gleich und auf das Einsatzstück wirkt keine Kraft. Wird das Thor weiter nach dem Drempel bewegt, so nimmt die Spannung des kürzeren Ankers zu, die des längeren Ankers ab, und der von dem Einsatzstück zu leistende Widerstand wächst wieder, wird aber jetzt von der dem kürzeren Anker zugewandten Druckfläche geleistet. Liegt der Thorflügel am

Drempel, so erhält der kürzere Anker seine gröfste Spannung, die aber kleiner ist als die des längeren Ankers, wenn der Thorflügel in die Nische gedreht ist. Die Spannung ist annäherungsweise zu 46 t berechnet. Trotzdem haben beide Anker nebst allen ihren Einzeltheilen die gleichen Abmessungen erhalten und zwar beträgt der Durchmesser der runden Anker 9 cm, sodafs die höchste Beanspruchung in dem längeren Anker $\frac{58000}{9^2 \frac{\pi}{4}}$ = rund 910 kg für 1 qcm beträgt. Diese Beanspruchung kommt aber nur bei Instandsetzungen vor, wenn die Schleusen vollständig trocken gelegt sind; während des Schleusenbetriebes ist der Zug des Thores am Halsband, wie früher bereits besprochen, erheblich geringer als 60 t, und in gleichem Verhältnifs sinken die Beanspruchungen der Einzeltheile der Halslager.

Die Zahnstangen zur Bewegung der Thorflügel. Die Bewegung der Thorflügel geschieht mittels Zahnstangen. Bei drei Thorflügeln eines Hauptes der Doppelschleuse liegen die Zahnstangen in gleicher Höhe, die vierte Zahnstange liegt jedoch um 0,63 m tiefer. Diese Anordnung wurde nöthig, weil die Mittelmauer der Schleusen nicht so breit ist, dafs zwei hinter einander liegende Zahnstangen in ihr Platz finden, und weil in Rücksicht auf die Gleichartigkeit der Bewegungsvorrichtungen der Abstand des Angriffspunktes der Zahnstangen am Thor von der Mitte des Hals- und Spurzapfens bei allen Thorflügeln derselbe sein sollte. Es blieb dann nur übrig, die Zahnstangen der Thorflügel, die von der Mittelmauer aus bewegt werden, und dementsprechend die in der Mittelmauer ausgesparten Canäle, in denen sich die Zahnstangen bewegen, über einander anzuordnen. Um jedoch jeden Thorflügel sowohl an der Mittelmauer wie an einer Seitenmauer verwenden zu können, sind alle Thorflügel so eingerichtet, dafs sowohl eine hoch wie eine niedrig gelegene Zahnstange angeschlossen werden kann. Die Mitten der Zahnstangen liegen auf der Höhe + 19,97 und + 19,34, sodafs bei jeder gewöhnlichen Ebbe hinreichend Zeit vorhanden ist, um die Zahnstangen nebst ihrem Anschlufs an die Thorflügel, ihrem Antrieb und ihren Laufbahnen untersuchen und Instandsetzungsarbeiten an ihnen vornehmen zu können. Die Zahnstangen sind mit Hülfe eines Drehgelenks, dessen Mitte 7,1 m vom Mittelpunkt der Wendenische entfernt ist und 0,34 m hinter der Aufsenkante der die Riegelstehbleche säumenden Gurtwinkel liegt, an die Thore angeschlossen. Da bei der Bewegung der Thore der Winkel, den die Thorachse und die Zahnstangenachse mit einander bilden, einer steten Aenderung unterliegt, so mufste der Anschlufs so hergestellt werden, dafs die Zahnstange sich um eine lothrechte Achse drehen kann; er erhielt aufserdem eine wagerechte Drehachse, damit die kleinen Fehler in den Höhenlagen der Thore einerseits und den Zahnstangen anderseits, die sich bei den Arbeiten auf der Baustelle nicht vermeiden lassen, unschädlich gemacht wurden. Der Zahnstangen-Anschlufs ist in den Text-Abb. 161 und 162 dargestellt. Die Zahnstangen laufen in Gabeln aus, deren Arme eine Bohrung für die lothrechte Drehachse haben. Das Anschlufsstück hat dieselbe Bohrung, sodafs durch einen Bolzen die Verbindung zwischen der Zahnstange und dem Anschlufsstück hergestellt werden kann. Es hat überdies zwei wagerechte Zapfen, deren Lager am Thor befestigt sind; sie übertragen den Druck und den Zug der Zahnstange auf das Thor und zwar infolge der gewählten Anordnung auf die beiden Riegel, die oberhalb und unterhalb des Angriffspunktes der Zahnstangen liegen, das sind der 7. und 8. Riegel von unten. Zwischen diese beiden Riegel ist ein Kasten eingebaut, der 1,09 m Länge und 0,48 m lichte Tiefe, gemessen von der Aufsenkante der Gurtwinkel bis zur Vorderseite der hinteren Wand, erhalten hat und gegen das Thor-Innere wasserdicht abgeschlossen ist. Die Anordnung dieses Kastens ist aus den Abb. 3 bis 6 auf Bl. 27 u. 28 ersichtlich, wobei die Zahnstange nebst dem Anschlufsstück und dessen Lagern der Deutlichkeit halber fortgelassen ist. Die Seitenwände dieses Kastens bestehen aus gekümpelten Blechen von 20 mm Stärke, die Rückwand aus einem gleich starken ebenen Blech, das mittels Winkeleisen von 100×100×12 mm mit den beiden Riegelstehblechen, die durch 12 mm starke aufgenietete Bleche versteift sind, verbunden ist. Die Vorderwand dieses Kastens ist frei, die Hautbleche des Thores fehlen hier, und die lichte Höhe dieser Oeffnung ist noch dadurch vergröfsert worden, dafs von den breiten Gurtplatten der Riegel ein Streifen von je 20 mm Höhe abgearbeitet worden ist. Die Kümpelwände sind durch je zwei ⊔-Eisen (N.-Pr. Nr. 18) versteift, die in Höhe der Zahnstangen-Angriffspunkte angebracht und mit den Wänden vernietet sind. Hinter der hinteren Kastenwand befinden sich zwei lothrechte, flufsstählerne Träger, die sich mit ihrer Vorderfläche an diese Wand anlehnen und durch je zwei in der halben Höhe der Träger angeordnete Schraubenbolzen mit ihr verbunden sind. Die Lage dieser Träger zu den Riegeln ist auf ihrer Vorderseite durch die bereits erwähnten Anschlufswinkel der hinteren Kastenwand, auf der Hinterseite durch Pafsstücke, die zwischen die Träger und zwischen kleinere, auf die Riegelstehbleche genietete Haltebleche eingeschoben sind, festgelegt. Diese Pafsstücke sind mit den Riegeln ebenfalls vernietet. Beim Schliefsen der Thore drücken die Zahnstangen die Thorflügel nach dem Drempel zu, beim Oeffnen ziehen sie dieselben von dem Drempel nach der Wendenische zu. Die gröfste Kraft, die von den Zahnstangen auf die Thore ausgeübt werden kann, ist durch die Einschaltung einer Reibungskupplung in die Antriebe der Zahnstangen begrenzt, sie beträgt 20 t. Wenn

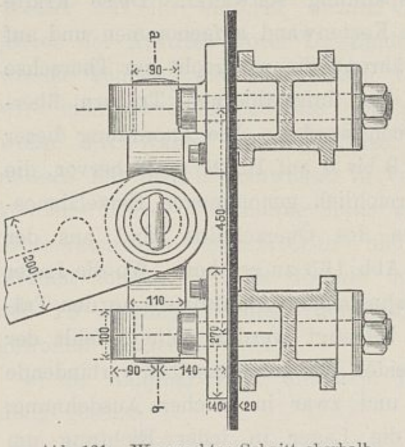


Abb. 161. Wagerechter Schnitt oberhalb der Zahnstange.

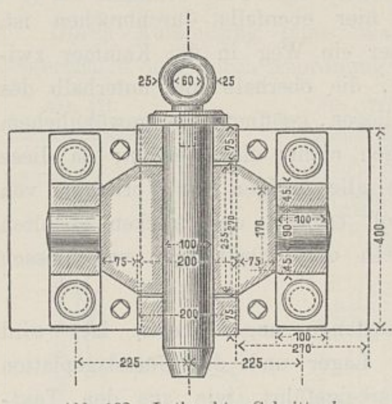


Abb. 162. Lothrechter Schnitt *ab*.

Anschlufs der Zahnstange. 1 : 15.

ein Thorflügel sich in seiner Nische befindet, dann bildet die Zahnstangenachse mit der Längsachse des Thorflügels einen rechten Winkel, je mehr sich der Thorflügel aber dem Drempel nähert, desto spitzer wird dieser Winkel, er ist am spitzesten, wenn der Thorflügel am Drempel liegt. In diesem Falle erreicht die Seitenkraft der Zahnstangenspannung, die mit der Thorachse gleichlaufend ist, ihren gröfsten Werth und zwar mit etwa zwei Drittel der Zahnstangenspannung, während zugleich die Seitenkraft senkrecht zur Thorachse ihren geringsten Werth und zwar mit etwa drei Viertel der Zahnstangenspannung erreicht. Die letztere Seitenkraft schwankt also in ihrer Höhe zwischen der vollen Zahnstangenspannung und drei Viertel derselben, während die gleichlaufend mit der Thorachse wirkende Seitenkraft zwischen Null und zwei Drittel der Zahnstangenspannung schwankt. Diese Kräfte werden durch die hintere Kastenwand aufgenommen und auf die Riegel übertragen, während die senkrecht zur Thorachse wirkenden Kräfte von den flufsstählernen Trägern übernommen und weiter gegeben werden. Die Anordnung dieser Träger geht aus den Abb. 3 bis 6 auf Bl. 27 u. 28 hervor, die sehr reichlich genommenen Einzelabmessungen des Querschnitts sind aus der Text-Abb. 163 zu ersehen. Wo die Lager des Zahnstangen-Anschlusses an den Trägern befestigt werden sollen, fehlt der die beiden Wangen desselben verbindende Steg und zwar in solcher Ausdehnung, dafs die Lager in jeder Richtung um 25 mm verschoben werden können. Da die hintere Kastenwand hier ebenfalls durchbrochen ist, so wäre dem Aufsenwasser ein Weg in die Kammer zwischen den beiden Riegeln, die oberhalb und unterhalb des Zahnstangen-Anschlusses liegen, geöffnet. Bei gewöhnlichem Thorbetriebe wäre hiergegen nichts einzuwenden; da diese Kammer aber ebenso wie alle übrigen zur Vornahme von Instandsetzungsarbeiten soll entleert und trocken gehalten werden können, so mufsten diese Oeffnungen verschlossen werden.

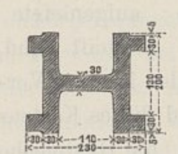


Abb. 163. Querschnitt der Träger für den Zahnstangen-Anschlufs. 1 : 15.

Dort, wo die Zahnstange angeschlossen ist, wird die Dichtung durch die Lager und die Unterlagsplatten der Befestigungsbolzen herbeigeführt, wie aus den Text-Abb. 161 und 162 ersichtlich ist, die den Anschlufs der Zahnstangen an die Thore darstellen. Die Lager sind durch je zwei Schraubenbolzen mit dem Thor verbunden, und die durch die Bolzenspannung erzeugte Reibung leistet der gleichlaufend mit der Thorachse wirkenden Seitenkraft der Zahnstangenspannung ausreichenden Widerstand, sodafs eine Bewegung der Lager in dieser Richtung nicht eintreten kann. Zur Sicherheit sind jedoch die Lager mit der hinteren Kastenwand noch durch sogenannte Prisonschrauben von 35 mm Durchmesser verbunden, die auch in die flufsstählernen Träger eingreifen und dadurch eine Sicherung der stets senkrechten Stellung dieser Träger bewirken. Wo Zahnstangen nicht angeschlossen sind, führen die in der Text-Abb. 164 im Querschnitt dargestellten Verschlufsdeckel die erforderliche Dichtung herbei.

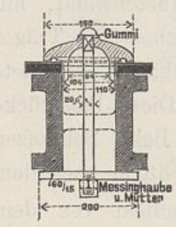


Abb. 164. Verschlufsdeckel. 1 : 15.

Die Schutzketten. Um die Zahnstangen und die geschlossenen Thore vor dem Gegenfahren von Schiffen und den damit verbundenen Beschädigungen nach Möglichkeit zu schützen, sind Ketten von 25 mm Stärke angeordnet, die mit dem einen Ende in Höhe des zweiten Riegels von oben an der Schlagsäule der Thorflügel befestigt sind, während das andere Ende mit dem Schleusenmauerwerk verbunden ist. Allerdings können diese Ketten ihren Zweck nur erfüllen, wenn die auf sie wirkenden Kräfte nicht zu grofs werden. Ihre Bruchfestigkeit beträgt etwa 29500 kg, und damit sind sie in der Lage, kleinere Kräfte von dem Thor und, was besonders wichtig ist, von den gegen wagerecht wirkende Kräfte wenig wiederstandsfähigen Zahnstangen fernzuhalten. Die aus Gufsstahl angefertigten, in den Text-Abb. 165 und 166 dargestellten Anschlufsstücke sind mit dem Thor vernietet, die Kette ist mittels eines Schäckels angeschlossen. Mit dem Schleusenmauerwerk ist die Kette durch einen 2 m langen Maueranker verbunden, Text-Abb. 167, dessen Längsrichtung mit der Richtung des Kettenzuges zusammenfällt, sobald die Kette durch eine in ihrer Mitte wirkende Kraft gespannt wird. In allen übrigen Belastungsfällen werden Biegungsmomente an der Verbindungsstelle von Kette und Anker auftreten. Damit die aus diesen Momenten sich ergebenden, vom Mauerwerk aufzunehmenden Kräfte keine Beschädigungen desselben herbeiführen, ist am Anschlufs ein Gufskörper vorgesehen, dessen Gestalt aus der Text-Abb. 168 ersichtlich ist. Die gewählte Anordnung gestattet eine leichte Trennung von Anker und Kette, die überdies noch durch die Anordnung eines Schäckels dicht am Ketten-Ende weiterhin erleichtert wird. Die Länge der Anker ist wiederum so bemessen, dafs das Gewicht des zu bewegenden Mauerwerks in der Bewegungsfläche eine solche Reibung erzeugen würde, dafs diese allein imstande ist, jede Bewegung zu verhindern.

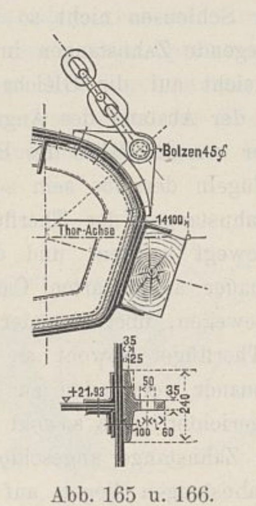


Abb. 165 u. 166. Verbindung der Schutzkette mit der Schlagsäule. 1 : 25.

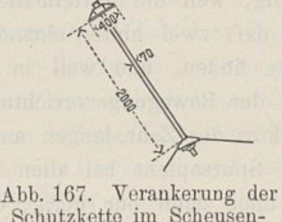


Abb. 167. Verankerung der Schutzkette im Scheusenmauerwerk. 1 : 100.

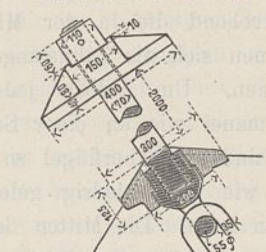


Abb. 168. Anschlufs der Schutzkette an den Anker. 1 : 20.

Der Einsteigeschacht und die Querversteifungen der Thore. Wie die Abb. 3 u. 8 auf Bl. 27 u. 28 zeigen, wird der Einsteigeschacht durch zwei Gruppen von lothrecht über einander angeordneten Blechwänden gebildet. Jede dieser Gruppen besteht der Anzahl der Riegelfelder entsprechend aus neun Wänden, von denen jede den Zwischenraum zwischen der vorderen und der hinteren Thorhaut

einerseits und zwei benachbarten Riegeln anderseits verschliefst. Die Wände sind nicht, wie sonst üblich, aus ebenen Blechen gebildet und mit Winkeleisen an die Riegel und die Thorhaut angeschlossen, sondern die Bleche haben auf Vorschlag des ausführenden Eisenwerkes umgebörtelte Ränder erhalten, die an Stelle der Winkeleisen treten. Durch Versuche ist festgestellt worden, dafs diese gebörtelten Wände Wasserdruck gegenüber den gleichen Widerstand leisten wie die mit Anschlufs-Winkeleisen versehenen, dabei erfordern sie erheblich weniger Nietarbeit, haben weniger zu dichtende Nähte und sind überdies leichter. Der Einsteigeschacht ist, in der Längenrichtung der Thorflügel gemessen, 1,11 m im lichten weit, seine Lage im Thor ist so gewählt, dafs die bereits früher erwähnten, auf die Verminderung der Spur- und Halszapfenbelastungen hinwirkenden Luftkammern eine angemessene Gröfse erhalten haben. Der Schacht wird durch die Riegel in neun Abtheilungen zerlegt, die durch grofse, in den Riegelstehblechen angeordnete Mannlöcher mit einander in Verbindung gesetzt sind. Eine im Schacht angebrachte eiserne Leiter erleichtert das Besteigen desselben. Da die den Schacht bildenden Wände unter Umständen denselben Wasserdruck auszuhalten haben wie die in gleicher Höhenlage befindlichen Theile der Thorhaut, so mufsten sie wie diese ausgesteift werden. Der Einsteigeschacht dient dazu, die 2 × 9 = 18 Abtheilungen, in welche das Innere jedes Thorflügels durch den Schacht selbst und durch die zehn Riegel getheilt ist, auch während der Benutzung des Thores zugänglich zu machen, aufserdem aber führt er eine sehr kräftig wirkende Querversteifung der Thore herbei. Diesem Zweck dienen noch drei weitere Versteifungen, von denen je eine in der Nähe der Schlag- und Wendesäule und die dritte zwischen dem Einsteigeschacht und der Schlagsäule angeordnet ist. Dieselben sind im Anschlufs an die Aussteifungen der Thorhaut und der Riegelstehbleche durch Vergröfserung der Eckbleche derselben gebildet. Ihre Anordnung ist aus den Abb. 1 u. 8 auf Bl. 27 u. 28 zu ersehen.

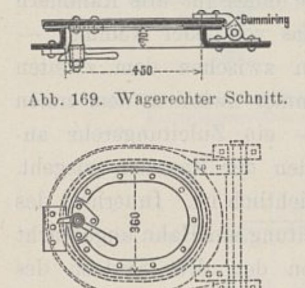


Abb. 169. Wagerechter Schnitt.

Abb. 170. Ansicht vom Einsteigeschacht aus.

Mannloch-Verschlufs. 1 : 25.

Leeren und Füllen der einzelnen Kammern des Thor-Inneren. Von dem Einsteigeschacht aus ist jede einzelne der 18 Kammern, in die das Innere der Thore getheilt ist, durch Mannlöcher zugänglich. Diese Mannlöcher sind aus den Blechen derart ausgeprefst, dafs die umgebörtelten Ränder zugleich für die nöthige Versteifung der Bleche sorgen. Die Deckel der Mannlöcher sind aus Schmiedeeisen hergestellt und zur Dichtung mit einem Gummiring versehen, sie lassen sich um Gelenke mit senkrechter Achse drehen und vermittelst eines einarmigen Vorreibers auf ihren Sitz pressen. (Text-Abb. 169 u. 170.) Sobald eine Kammer mit Wasser gefüllt ist, prefst der Wasserdruck den Deckel auf seinen Sitz und wirkt somit auf Abdichtung desselben. Bei gewöhnlichem Thorbetriebe sind sämtliche Mannlöcher geschlossen. Bei den Wasserkammern ist dies selbstverständlich, da sonst ja der Einsteigeschacht voll Wasser laufen würde; bei den Luftkammern ist es zweckmäfsig, weil sich dann bei einer Verletzung der Thorhaut nur die betreffende Kammer mit Wasser anfüllen wird, während dies bei allen vier Kammern geschehen würde, wenn die Mannlöcher offen sind. In den Wasserkammern soll — wie bereits früher erörtert — das Wasser mit dem Binnenwasserstande zugleich fallen und steigen, damit der Auftrieb des Thores und somit die auf den Spur- und Halszapfen wirkenden Kräfte möglichst beständig bleiben. Zu diesem Zweck mufs eine Verbindung des Inneren der Wasserkammern mit dem Binnenwasser hergestellt werden, die jedoch zur Vornahme von Unterhaltungsarbeiten in den Kammern, bei Ausbesserung des Anstriches, sowie beim Auswechseln eines Thorflügels mufs aufgehoben werden können. Damit man in eine Wasserkammer hineingelangen kann, mufs das Wasser aus ihr entfernt werden können; dadurch würde jedoch der Auftrieb unter Umständen wesentlich vergröfsert werden können, und um diesen Uebelstand zu vermeiden, wird man zweckmäfsig eine Luftkammer ganz oder theilweise mit Wasser füllen. Also auch die Luftkammern müssen mit dem Binnenwasser in Verbindung gesetzt werden können. Diese Verbindung mufs aber ebenso wie bei den Wasserkammern unterbrochen und die Kammer entleert werden können. Es ist deshalb nothwendig, dafs für jede der 18 Kammern jedes Thorflügels folgende Mafsnahmen getroffen werden können:

a) die Kammer wird mit dem Binnenwasser in Verbindung gesetzt,

b) diese Verbindung wird unterbrochen,

c) die Kammer wird von Wasser entleert.

Durch Aufstellung eines Wasserhebers in dem Einsteigeschacht und durch Anordnung von Rohrleitungen, deren Hähne im Einsteigeschacht liegen und deshalb jederzeit zugänglich sind, ist die Erfüllung der vorstehend festgestellten Anforderungen möglich gemacht. Der Wasserheber wird mit Druckwasser betrieben, das aus dem Rohrleitungsnetz für die mit Druckwasser betriebenen Kraftmaschinen der Bewegungsvorrichtungen der Schleusen entnommen wird und eine Spannung von etwas über 50 Atmosphären besitzt. Das Druckwasser wird mittels eines schmiedeeisernen Rohres von 25 mm lichter Weite durch den festen Halszapfen hindurch in das Thor hineingeführt und nach dem Wasserheber geleitet, der auf dem vierten Riegel von unten aufgestellt ist. Mit dem

Abb. 171. Abb. 172.

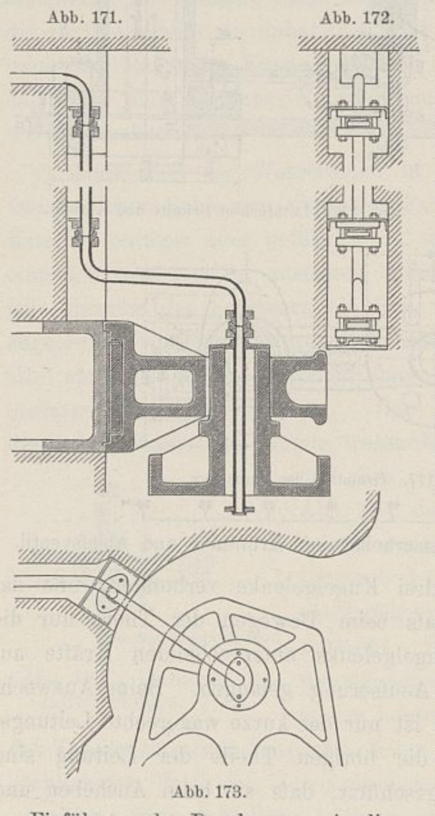


Abb. 173.

Einführung des Druckwassers in die Thore. 1 : 25.

Thor ist diese Leitung fest verbunden, aufserhalb desselben ist sie, wie aus den Text-Abb. 171 bis 173 ersichtlich ist, vom Halszapfen nach einer in der Wendenische hergestellten Aussparung nahezu wagerecht geführt und steigt dann in dieser Aussparung lothrecht bis zu einem Canal in die Höhe, durch den sie in die Maschinenkammern der Schleusen gelangt. Das wagerechte und das lothrechte Leitungsstück sind unter einander und mit der in das Thor hineinführen-

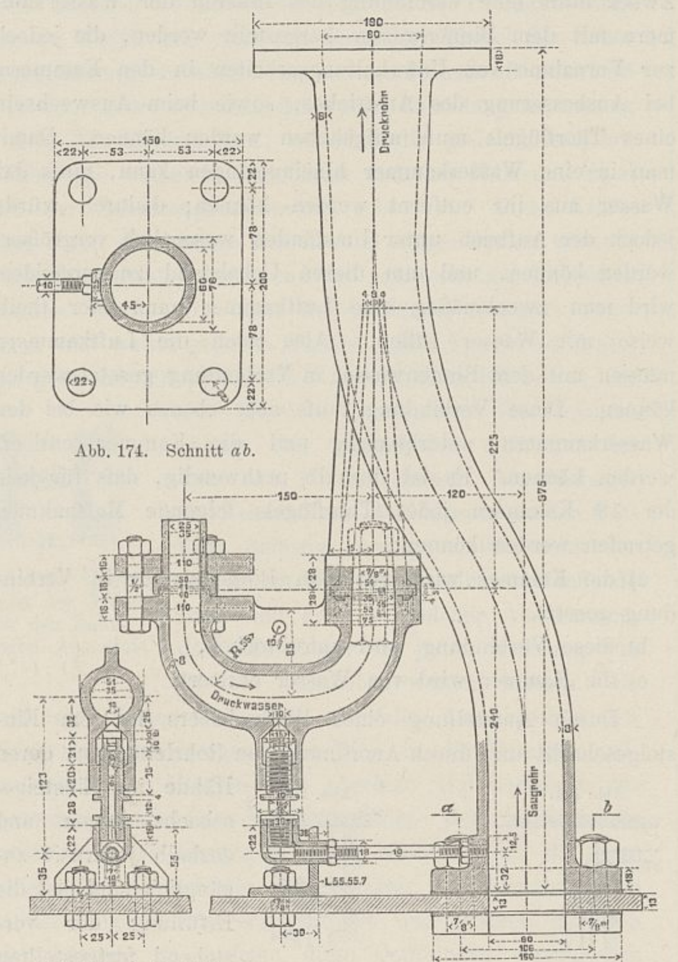


Abb. 174. Schnitt *ab*.

Abb. 175. Lothrechter Schnitt in der Ventilachse. Abb. 176. Lothrechter Schnitt und Ansicht.

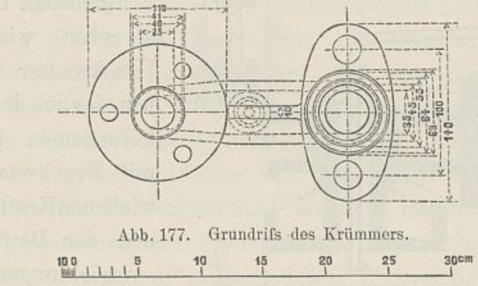


Abb. 177. Grundrifs des Krümmers.

Abb. 174 bis 177. Wasserheber mit Krümmer und Ablafsventil.

den Leitung durch drei Kugelgelenke verbunden, und dadurch ist erreicht, dafs beim Bewegen der Thore nur die der Reibung des Kugelgelenks entsprechenden Kräfte auf die Rohrleitung zur Aeufserung gelangen. Beim Auswechseln eines Thorflügels ist nur das kurze wagerechte Leitungsstück zu entfernen, die übrigen Theile der Leitung sind durch ihre Lage so geschützt, dafs sie beim Ausheben und Einsetzen eines Thorflügels kaum beschädigt werden können. Der in den Text-Abb. 174 bis 177 dargestellte Wasserheber hat eine stündliche Leistung von 15 cbm und ist somit in der Lage, eine der grofsen Kammern in etwas mehr als einer Stunde leer zu pumpen. Seine Saugehöhe beträgt zwischen der Oberkante der Düse und der Unterkante des Saugekorbs 4,9, seine Druckhöhe 8,05 m, das Saugerohr hat einen lichten Durchmesser von 60 mm, das Druckrohr von 80 mm. Der Ausgufs findet oberhalb des obersten Riegels nach dem Binnenhafen zu statt. Da es vorkommen kann, dafs die Thore am Aufsenhaupt aus irgend einem Grunde bei Sturmfluthen in ihren Nischen liegen und die Thore am Binnenhaupt zur Abhaltung des Hochwassers benutzt werden müssen, so liegt auch die Möglichkeit vor, dafs bei entsprechend hoher Sturmfluth Wasser durch den Wasserheber in den Einsteigeschacht der Aufsenhaupt-Thore dringt. Um dieses zu verhindern, ist am Ausgufs eine broncene Klappe angebracht, die überdies durch einen Ueberfall mit Spannvorrichtung fest auf den Sitz aufgedrückt werden kann. Der Ueberfall soll hauptsächlich während der Ueberführung eines auszuwechselnden Thorflügels von Brunsbüttel nach dem Lagerplatz der Ersatzthore bei Rendsburg verwandt werden. Der unterste Riegel ist auf der Oberseite in seiner ganzen Ausdehnung mit einer Betonschicht abgedeckt, die nach einem im Einsteigeschacht angeordneten Pumpensumpf Gefälle hat. Aus dem Sumpf saugt der Wasserheber, und nach ihm wird der Wasserinhalt einer zu entleerenden Kammer hingeleitet. Dieses geschieht mit Hülfe eines für alle Kammern gemeinschaftlichen Fallrohres, an das von jeder Kammer — mit Ausnahme der Wasserkammern zwischen dem zweiten und dritten Riegel und der Luftkammer zwischen dem ersten und zweiten Riegel von unten — ein Zuleitungsrohr angeschlossen ist, das von dem Boden der Kammer ausgeht, wie aus Abb. 2 u. 3 Bl. 27 u. 28 ersichtlich ist. Innerhalb des Einsteigeschachtes ist in dieser Zuleitung ein Hahn angebracht und zwar ein Dreiwegehahn. Von den drei Stutzen des Hahnkörpers sind zwei mit dem Zuleitungsrohr verbunden, der dritte abzweigende Stutzen führt mittels eines kurzen Rohrstückes an die Thorhaut, die hier durchbohrt ist. Mittels der Dreiwegehähne ist es möglich, die oben aufgestellten Forderungen zu erfüllen; jede Thorkammer kann sowohl mit dem Aufsenwasser auf der Hinterseite des Thores wie mit dem Fallrohr in Verbindung gesetzt werden, sie kann aber auch gegen beide abgesperrt werden. Im gewöhnlichen Betriebe sind die Dreiwegehähne so gestellt, dafs die Wasserkammern mit dem Aufsenwasser in Verbindung stehen, die Luftkammern jedoch sowohl gegen dieses wie gegen das Fallrohr abgesperrt sind. Die Einlafsöffnungen in der Thorhaut haben die in den Text-Abb. 178 bis 180 dargestellte Schutzvorrichtung aus Rothgufs erhalten. Das rostartige Sieb soll das Eintreiben von Fremdkörpern in die Rohrleitungen und die Hähne verhindern, es kann abgeschraubt und durch den dicht schliefsenden Deckel, der in der Text-Abb. 180 dargestellt ist, ersetzt werden, sobald Instandsetzungsarbeiten an den Rohren oder Hähnen nothwendig werden. Selbstverständlich mufs das Aufsetzen der Verschlufsdeckel bei den unter Wasser liegenden Einströmungsöffnungen von einem Taucher ausgeführt werden, der beim Ein- und Ausschrauben des Siebes und des Verschlufsdeckels zu benutzende Schlüssel ist in Text-Abb. 180 mit dargestellt. Für die beiden untersten Wasserkammern zwischen der Wendesäule und dem Einsteigeschacht, sowie für die unterste Luftkammer mufste eine andere Anordnung getroffen werden, wie aus Abb. 3 auf Bl. 27

u. 28 ersichtlich ist. Die beiden Wasserkammern stehen durch eine Oeffnung in dem Stehblech des sie trennenden Riegels mit einander in Verbindung, und nur die untere Kammer hat eine Verbindung mit dem Fallrohr und dem Aufsenwasser erhalten. Soll die unterste Wasserkammer leer gemacht werden, so kann dieses nur nach vorgängiger Entleerung der darüber befindlichen Kammer geschehen. Sobald diese wasserfrei ist, wird der Handgriff einer Kette zugänglich, die mit dem anderen Ende an einer Klappe befestigt ist. Diese Klappe dichtet ein kurzes Rohrstück ab, das an der Einsteigeschachtwand der untersten Kammer angebracht und etwas in die Betonsohle der Kammer eingelassen ist. Die Schachtwand ist an dieser Stelle mit einer Oeffnung versehen, sodafs bei geöffneter Klappe das Wasser aus der Kammer nach dem Pumpensumpf im Einsteigeschacht abfliefsen kann. Bei gewöhnlichem Thorbetriebe sind die beiden in Frage stehenden Wasserkammern mit dem Aufsenwasser in Verbindung, während der Einsteigeschacht wasserfrei ist; es wird dann die Klappe durch den Wasserdruck so fest

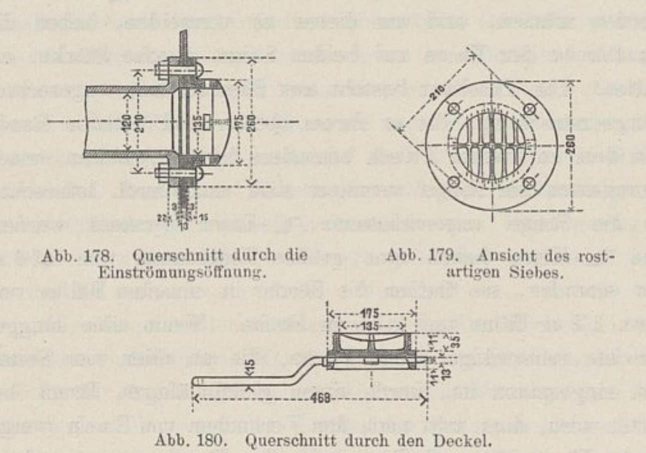


Abb. 178. Querschnitt durch die Einströmungsöffnung.

Abb. 179. Ansicht des rostartigen Siebes.

Abb. 180. Querschnitt durch den Deckel.

Abb. 178 bis 180. Schutzvorrichtung der Einströmungsöffnungen. 1 : 15.

auf ihren Sitz gedrückt, dafs eine ausreichende Dichtung erzielt wird. Auch die unterste Luftkammer steht durch ein Rohrstück mit Klappe mit dem Einsteigeschacht in Verbindung. Die Klappe ist hier jedoch so angeordnet, dafs sie die Luftkammer abdichtet, sobald in dem Einsteigeschacht das Wasser ansteigt, was z. B. beim Entleeren einer der oberen Wasserkammern eintreten kann, wenn der Dreiwegehahn soweit geöffnet wird, dafs das Wasser aus der Kammer schneller durch das Fallrohr nach dem Pumpensumpf abströmt, als der Wasserheber arbeiten kann. Die Rohre haben durchweg 110 mm lichte Weite erhalten und sind innen wie aufsen verzinkt, die Anschlüsse der Rohre an die Schachtwände und die Kammern sind mit Flanschen hergestellt und durch Gummiringe gedichtet. Bei steigendem oder fallendem Wasser mufs der Wasserstand in den Wasserkammern sich mit dem Aufsenwasser ausgleichen; wenn dieses also in einer Minute um 1 cm steigt, so müssen, da der Querschnitt der grofsen Wasserkammer etwa 10 qm oder 1000 qdcm beträgt, in der Minute 100 l durch die Rohrleitung in die betreffende Kammer laufen. Da der Querschnitt der 100 mm weiten Rohre etwa gleich $^3/_4$ qdcm ist, so mufs die secundliche Geschwindigkeit des Wassers $\frac{100 \cdot 4}{60 \cdot 3} = 2{,}2$ dcm sein. Zur Erzeugung dieser Geschwindigkeit ist ein Ueberdruck $h = \frac{v^2}{2g \cdot \mu}$ = rund $\frac{0{,}22^2}{20 \cdot 0{,}6} = 0{,}004$ m oder 4 mm nöthig, wenn von dem Druckhöhenverlust in der kurzen Leitung abgesehen wird. Ein schnelleres Fallen oder Steigen des Elbe- und des Ostsee-Wasserstandes als 1 cm in der Minute tritt nur selten ein. Beim Schleusen senkt und hebt sich der Wasserspiegel der Schleusen aber sehr viel rascher. Liegt z. B. der Aufsenwasserstand auf der Höhe + 22,50, der Schleusenwasserstand auf + 19,50, so beträgt beim Füllen der Schleuse die Hebung des Wasserspiegels in der Secunde bis zu 1,5 cm. Durch die Einströmungsöffnungen gelangt dann nicht soviel Wasser in die Wasserkammern der Thorflügel, dafs die Wasserspiegel im Thor und in der Schleuse gleich sind, es fehlen vielmehr bei Eintritt der Ausspiegelung noch etwa 19 cbm, die erst im Verlauf von weiteren 7,5 Minuten in das Thor gelangen. Wird sofort nach der Ausspiegelung mit dem Oeffnen der Thore begonnen, so wird die Bewegung infolge der Entlastung des Spur- und des Halszapfens erleichtert, diese wirkt also günstig. Dabei liegt die Gefahr des Aufschwimmens der Thorflügel nicht vor, da der Zapfendruck noch immer 47,5 — 19,0 = 28,5 t beträgt. Wird der Wasserspiegel in der Schleuse mit dem Binnenwasser ausgeglichen, dann bleibt in den Thorflügeln der Wasserstand höher als in der Schleuse, das Gewicht derselben wird also vermehrt. Da die Thorflügel aber in diesem Falle durch den Wasserdruck fest gegen einander und an den Drempel und die Wendenische geprefst werden, so tritt eine Mehrbelastung des Spur- und Halszapfens dadurch nicht ein. Es hätte einer Vergröfserung der Rohrquerschnitte um ungefähr das vierfache bedurft, wenn der Wasserstand im Thor-Inneren und in der Schleuse annähernd gleichmäfsig hätte sein sollen. Dann wären aber die Dreiwegehähne so unhandlich und der bereits jetzt nicht reichliche Raum im Einsteigeschacht so beschränkt worden, dafs von einer solchen Vergröfserung Abstand genommen werden mufste.

Wenn sich der Wasserstand in einer Kammer ändert, wie es beim Schleusen stets der Fall ist, oder wenn eine Kammer entleert oder gefüllt wird, so mufs Luft in dieselbe eintreten oder aus ihr austreten können. Es ist deshalb für jede einzelne der Kammern ein Rohr von 42 mm Lichtweite angeordnet worden, das von der Kammerdecke ausgeht und alle oberhalb liegenden Riegel durchdringend bis über den obersten Riegel hinausreicht. Der Durchgang der Rohre durch die Stehbleche mufste wasserdicht hergestellt werden, und dies ist durch die in der Text-Abb. 181 dargestellte Dichtung erreicht worden. Für die Unterhaltungsarbeiten im Thor-Inneren ist die Zuführung frischer Luft sehr erwünscht. Es wird dadurch nicht nur die Arbeitsfähigkeit der beschäftigten Leute erhöht, sondern auch das Trockenen neuer Anstriche, deren Ausführung den hauptsächlichsten Theil der Unterhaltungsarbeiten bildet, sehr begünstigt. Eine natürliche Lüftung von ausreichender Stärke liefs sich bei den Thoren nicht beschaffen, es mufste deshalb für eine künstliche Lüftung Sorge getragen werden. Da Druckwasser in reichlicher Menge vorhanden ist und für die Wasser-

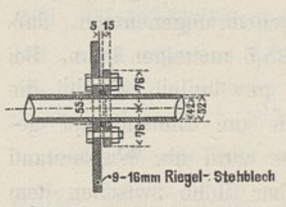


Abb. 181. Dichtung der Lüftungsrohre. 1:15.

heber bereits in die Thore eingeführt werden mufste, so sind Wasserstrahl-Ventilatoren gewählt, die nach dem Patent von Gebrüder Körting in Körtingsdorf bei Hannover für eine stündliche Leistung von 300 cbm bei 50 Atmosphären Betriebsdruck ausgeführt sind. Die oberen Enden der Lüftungsrohre für die Kammern links und rechts von dem Einsteigeschacht sind je an einen gufseisernen Hohlkörper angeschlossen, der sich über dem obersten Riegel befindet (sieh Abb. 3 und 7 auf Bl. 27 u. 28). Beide Gufskörper sind durch ein 60 mm im lichten weites schmiedeeisernes Rohr verbunden, und der Ventilator ist auf dem Körper, der nahe der Wendesäule steht, angebracht. Die Lüftungsrohre sind am Anschlufs an die beiden Gufskörper mit Hähnen versehen, sodafs sowohl jede Kammer einzeln wie auch in Verbindung mit einer beliebigen anderen Kammer oder mehreren gelüftet werden kann. Die eigenartig geformte Düse des Ventilators hat eine grofse Anzahl feiner Oeffnungen von $^3/_4$ mm Durchmesser, durch die das Druckwasser ausströmt. Die mitgerissene Luft und das Betriebswasser treten in Form eines ganz feinen Nebels ins Freie. Die Zuführung des Druckwassers zum Ventilator erfolgt in einer 13 mm im lichten weiten Leitung, die von der Leitung zum Wasserheber im Einsteigeschacht und zwar dicht unter dem obersten Riegel abzweigt. Der Ventilator saugt die Luft aus den Kammern; um ein Einströmen frischer Luft zu ermöglichen, müssen die zu den Kammern führenden Mannlöcher vom Einsteigeschacht aus geöffnet werden. Wird nicht gelüftet, dann müssen die Hähne aller Rohrleitungen, die zu den innerhalb der Zone der wechselnden Wasserstände liegenden Kammern gehören, geöffnet sein, damit die Luft durch den Ventilator, die Gufskörper und die Rohre einen Zugang zu diesen Kammern und ebenso einen Weg zum Abfliefsen findet. Die Hähne der Luftkammern könnten geschlossen sein, es ist indessen Betriebs-Vorschrift, dafs sämtliche Hähne geöffnet sind, wenn der Ventilator nicht in Betrieb ist.

Die Berechnung der Riegel und der Thorhaut. Nachdem im vorstehenden eine Beschreibung der Thore gegeben ist, sollen nunmehr einige Angaben über die bei der Berechnung der Riegel und der Thorhaut gemachten Annahmen und den Gang der Berechnung folgen. Die Thorhaut hat den Druck des Wassers auf die Riegel zu übertragen. Da jede einzelne der Kammern, in die das Thor-Innere getheilt ist, mit Luft gefüllt sein kann, so kann auf die einzelnen Hautbleche der volle Druck, der der Lage des Bleches unter dem Wasserspiegel entspricht, einwirken. Der höchste beobachtete Elbewasserstand hat auf der Höhe + 25,01 gelegen, in Rücksicht auf den Wellenschlag ist jedoch angenommen, dafs der Wasserspiegel bis zur Höhe + 25,5 ansteigen kann. Bei einem solchen Hochwasser werden gewöhnlich sowohl die Fluththore am Aufsenhaupt wie die am Binnenhaupt geschlossen sein, und in der Schleuse wird ein Wasserstand gehalten werden, der etwa in halber Höhe zwischen dem Elbe- und dem Canalwasserstand liegt. Dann wirkt auf die äufsere Haut der Aufsenhauptthore ein Druck, der dem Wasserstande + 25,5 entspricht, auf die innere Haut der Aufsenhauptthore und die äufsere Haut der Binnenhauptthore ein Druck entsprechend dem Schleusenwasserstande und auf die innere Haut der Binnenhauptthore ein Druck, der dem Canalwasserstande entspricht. Es kann aber der Fall eintreten, dafs die Aufsenhauptthore beschädigt sind und deshalb in ihren Nischen liegen, während die Binnenhauptthore allein geschlossen sind und den ganzen Wasserüberdruck auszuhalten haben. Dann erhalten die Hautbleche der Aufsenhauptthore auf beiden Seiten und die der Binnenhauptthore auf der Aufsenseite einen Druck, der dem auf + 25,5 liegenden Elbe-Wasserstande entspricht. Sie sollen dann höchstens mit 1200 kg für 1 qcm Querschnittsfläche beansprucht werden. Ein Elbewasserstand von + 22,5 kommt häufiger vor; dann wird noch geschleust, und der Wasserstand in der Schleuse entspricht dabei bald dem Elbewasserstand, bald dem Canalwasserstand. Mithin haben wieder die Hautbleche des Aufsenhauptthores auf beiden Seiten und das äufsere Hautblech des Binnenhauptthores den hohen Wasserdruck auszuhalten, bei dem sie höchstens mit 900 kg beansprucht werden sollen, während das innere Hautblech nur einen Druck erfährt, der dem Canalwasserstande entspricht. Dieses Blech könnte also schwächer gemacht werden als die übrigen; dann hätten aber besondere Ersatzflügel für das Aufsenhaupt und das Binnenhaupt beschafft werden müssen, und um dieses zu vermeiden, haben die Hautbleche der Thore auf beiden Seiten gleiche Stärken erhalten. Die Thorhaut besteht aus Blechen mit wagerechter Längserstreckung, die an ihrem oberen und unteren Rande mit dem zu diesem Zweck besonders breit gewählten ersten Gurtplatten der Riegel vernietet sind und durch lothrechte, an die Riegel angeschlossene ⅂_-Eisen versteift werden. Die ⅂_-Eisen haben eine gröfste Entfernung von 0,56 m von einander, sie theilen die Bleche in einzelne Felder von etwa 1,2 m Höhe und 0,55 m Breite. Wenn eine langgestreckte rechteckige ebene Platte, die an allen vier Seiten fest eingespannt ist, durch einen gleichmäfsigen Druck belastet wird, dann tritt nach den Versuchen von Bach (vergl. Bach, Elasticität und Festigkeit) der Bruch vorwiegend in der Mitte der Platte gleichlaufend zu den langen Seiten ein, und er verliert sich nach einer Wendung von 135° nach den Ecken zu. Dabei stellt sich der Einflufs der Einspannung an den kurzen Seiten als so geringfügig heraus, dafs er bei der Berechnung vernachlässigt werden kann. Ein mit den Schmalseiten der Platte gleichlaufender Streifen ist also als ein Balken zu betrachten, der an seinen beiden Enden eingespannt ist und somit einem gröfsten Angriffsmoment von $q \cdot \frac{l^2}{12}$ zu widerstehen hat. Die Hautbleche der Thore können als solche Platten angesehen werden, nur ist die Belastung der einzelnen Bleche keine ganz gleichmäfsige, da der untere Theil jedes Bleches tiefer unter dem Wasserspiegel liegt als der obere, also auch einem stärkeren Druck zu widerstehen hat. Für die Berechnung der Blechhautstärken ist für jedes Riegelfeld derjenige Wasserdruck als mafsgebend angenommen worden, der in 0,25 m Höhe über der Mitte des unteren Riegels herrscht. Für die Thorhaut im untersten Riegelfeld wurde also der Druck in der Höhe $+ 9,77 + 0,25 = + 10,02$ der Berechnung zu Grunde gelegt. Bei einem Wasserstande von + 25,5 beträgt die Höhe der wirksamen Wassersäule $25,5 - 10,02 = 15,48$ m, und der Druck für 1 qcm Hautfläche hinreichend genau 1,548 kg. Das gröfste Biegungsmoment für einen Hautstreifen von 1 cm Breite ergiebt sich zu $1,548 \cdot \frac{56 \cdot 56}{12} = 405$ kg·cm.

Wenn δ die Blechstärke und 1200 kg die zulässige Beanspruchung ist, dann mufs sein

$$\frac{\delta^2}{6} \cdot 1200 = 405$$

$$\delta^2 = \frac{405 \cdot 6}{1200} = 2{,}025, \quad \delta = 1{,}42 \text{ cm.}$$

Bei einem Wasserstande von + 22,50 beträgt der Druck auf 1 qcm der Hautfläche an der fraglichen Stelle $\frac{22{,}5 - 10{,}02}{10}$ = 1,248 kg. Das Biegungsmoment ist

$$1{,}248 \cdot \frac{56 \cdot 56}{12} = 326{,}1 \text{ kg·cm},$$

und die Blechstärke mufs bei 900 kg zulässiger Beanspruchung sein

$$\delta = \sqrt{\frac{326{,}1 \cdot 6}{900}} = 1{,}47 \text{ cm.}$$

Die letztere Belastungsannahme giebt also die gröfsere Blechstärke und ist deshalb mafsgebend. Die Bleche sind 1,5 cm stark gewählt worden. In gleicher Weise sind die Blechstärken in den übrigen Riegelfeldern und auch die Stärken der den Einsteigeschacht begrenzenden Querwände ermittelt worden. Die Blechstärke nimmt nach oben zu allmählich ab, im obersten Riegelfeld und ebenso in der Blechwand oberhalb des obersten Riegels beträgt sie nur noch 7 mm. Die Querwände am Einsteigeschacht sind stärker als die Hautbleche in demselben Riegelfeld, da die Entfernung der Aussteifungen bei derselben gröfser ist. Die geringste Stärke ist in den drei obersten Riegelfeldern vorhanden und beträgt 10 mm.

Die Riegel sollen ebenso wie die Hautbleche bei den häufiger eintretenden Wasserständen Beanspruchungen bis 900 kg für 1 qcm Querschnittsfläche erhalten, bei dem ungünstigsten Wasserstande dürfen die Beanspruchungen bis 1200 kg hinaufgehen. Der ungünstigste Belastungsfall der Thore tritt ein, wenn bei dem höchsten Elbewasserstande, der unter Berücksichtigung der Druckvermehrung durch die Wellen wieder auf + 25,5 angenommen werden kann, die Thore des einen Hauptes betriebsunfähig sind, sodafs die Thore des anderen Hauptes den gesamten Wasserüberdruck aufzuhalten haben. Solche hohen Hochwasser treten nur auf, wenn nordwestliche Stürme schon vorher einige Zeit geweht haben und den Wasserstand der Elbe bei Ebbe während mehrerer Tiden so hoch gehalten haben, dafs die planmäfsige Auswässerung des Kaiser Wilhelm-Canals durch die Brunsbütteler Schleusen unmöglich wurde. In einem solchen Falle wird der Wasserstand im Canal annähernd gleich dem mittleren sein, also auf der Höhe + 19,77 oder rund + 19,80 liegen. Es beträgt somit der ungünstigste Ueberdruck, der je auf ein Thor einwirken wird, 25,5 — 19,8 = 5,7 m. Hochwasser von + 22,5 treten bei Springtiden auch dann auf, wenn sehr heftige nordwestliche Stürme nur kurze Zeit geweht haben. Im Canal kann dann ein niedriger Wasserstand herrschen, es mufste deshalb damit gerechnet werden, dafs beim Schleusenbetrieb Wasserstandsunterschiede auf beiden Seiten eines Thores von 22,5 — 19,3 = 3,2 m vorkommen werden,

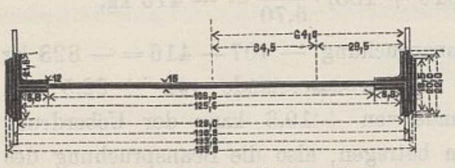


Abb. 182. Querschnitt des fünften Riegels von unten. 1 : 25.

und der diesem Unterschied entsprechende Wasserdruck ist als häufiger vorkommend in die Berechnung der Thore eingeführt worden. Der Gang dieser Berechnung soll an dem fünften Riegel von unten gezeigt werden, der die Decke der Luftkammer bildet und auf der Höhe + 15,85 liegt. Dieser Riegel hat in der Mitte den in der Text-Abb. 182 dargestellten Querschnitt. Wenn die überstehenden Flächen der untersten Gurtplatten nicht mit in Rechnung gezogen werden, dafür aber auch kein Abzug für Nietlöcher stattfindet, dann ist der Querschnitt in der Riegelmitte

$$F = 449 \text{ qcm}$$

und das Widerstandsmoment:

$$W = 18944 \text{ cm}^3.$$

Bei 5,7 m Wasserstandsunterschied wird 1 cm Länge des Riegels mit 0,57 · 152 = 86,6 kg belastet. Werden die Riegel als an beiden Enden frei aufgelagerte Balken und die Mitten der Berührungsflächen zwischen den Stemmleisten und den Riegel-Enden als die Auflagerpunkte dieser Balken angesehen, dann beträgt die Stützweite derselben rund 13,8 m und das von dem Wasserdruck hervorgerufene Biegungsmoment in der Riegelmitte

$$\frac{86{,}6 \cdot 1380 \cdot 1380}{8} = 20\,615\,100 \text{ kg·cm.}$$

Die Beanspruchung in den äufsersten Fasern beträgt dann $\frac{20\,615\,100}{18\,944} = \pm 1088$ kg, während sie bei 3,2 m Wasserstandsunterschied $\pm \frac{1088 \cdot 3{,}2}{5{,}7} = \pm 611$ kg beträgt. Der Stemmdruck ist, wie früher bereits erörtert worden ist, die mit der Thorachse gleichlaufende Seitenkraft der zwischen einem Thorflügel und dem Schleusenmauerwerk bezw. zwischen zwei Thorflügeln zu übertragenden Kraft, während die andere Seitenkraft senkrecht zur Thorachse, gleich der Hälfte des auf den Thorflügel wirkenden Wasserdruckes ist. Für die Berechnung der Riegel ist nun angenommen, dafs die Thorhaut an der Uebertragung des Stemmdruckes nicht theilnimmt, vielmehr jeder Riegel den der Belastung des zugehörigen Riegelfeldes entsprechenden Stemmdruck allein aufzunehmen hat. Die Belastung des in Frage stehenden Riegels beträgt 86,6 · 1380 = 119508 kg, somit ist die Seitenkraft senkrecht zur Thorachse gleich $\frac{119\,508}{2} = 59\,754$ kg. Zwischen dieser Seitenkraft — V — und dem Stemmdruck — S — besteht nun, wie aus der Text-Abb. 142 auf S. 218 hervorgeht, die Beziehung

$$\frac{V}{S} = \operatorname{tang} \alpha = \frac{1}{3},$$

es ist also $S = 3\,V$ oder gleich 179262 kg.

Die Stemmkraft erzeugt zunächst in dem Riegelquerschnitt eine Beanspruchung von $-\frac{179\,262}{449} = -363$ kg, aufserdem ruft sie aber, weil sie nicht im Schwerpunkt des Riegelquerschnittes angreift, auch noch ein Biegungsmoment hervor. Ihr Angriffspunkt liegt 9,5 cm hinter einer durch die Mitte der Wendenische gelegten, mit dem Drempel gleichlaufenden Linie. Von der Aufsenkante der hinteren Gurtwinkel hat diese Linie 39 cm Abstand, also die Stemmkraft 29,5 cm Abstand. Der Schwerpunkt des Riegelquerschnittes

hat 64 cm Entfernung von der Aufsenkante der Gurtwinkel, es beträgt also der Hebelsarm der Stemmkraft

$$64 - 29{,}5 = 34{,}5 \text{ cm},$$

das Biegungsmoment der Stemmkraft

$$179262 \cdot 34{,}5 = 6184539 \text{ kg·cm}$$

und die Beanspruchung der äufsersten Fasern

$$\pm \frac{6184539}{18944} = \pm 326 \text{ kg}.$$

Bei 3,20 m Wasserstandsunterschied beträgt die Druckbeanspruchung des Querschnittes durch die Stemmkraft

$$-\frac{363 \cdot 3{,}2}{5{,}7} = -203 \text{ kg}$$

und die Beanspruchung der äufsersten Fasern infolge des Moments der Stemmkraft

$$\pm \frac{326 \cdot 3{,}2}{5{,}7} = \pm 183 \text{ kg}.$$

Die aus den Biegungsmomenten des Wasserdrucks einerseits und der Stemmkraft anderseits entstehenden Spannungen wirken einander entgegen, die Gesamtbeanspruchungen sind infolge dessen in den äufsersten Fasern des Riegelquerschnittes bei 5,70 m Wasserüberdruck:

$$+1088 - 363 - 326 = +399 \text{ kg bezw.}$$
$$-1088 - 363 + 326 = -1125 \text{ kg}$$

und bei 3,20 m Wasserstandsunterschied

$$+611 - 203 - 183 = +226 \text{ kg}$$
$$-611 - 203 + 183 = -631 \text{ kg}.$$

Hiernach bleiben die Beanspruchungen der äufsersten Fasern in der Riegelmitte unterhalb der zulässigen Grenze, und die Länge der Gurtplatten ist so bemessen, dafs dieses auch in den übrigen Querschnitten der Fall ist. Bei der bezüglichen Berechnung konnte die Länge der 18,5 cm breiten Gurtplatten in der üblichen Weise leicht bestimmt werden, da sie ganz innerhalb des Riegeltheils mit den gleichlaufenden Gurtungen liegen. Die Enden der 20 cm breiten Gurtplatten liegen jedoch in dem abgeschrägten Theil der Riegel, und deshalb mufste ihre Länge durch probeweise Ermittlung der in einzelnen Riegelquerschnitten auftretenden Spannungen festgestellt werden. Die Gurtplatten haben übrigens in beiden Gurtungen die gleiche Länge erhalten, damit der Riegelquerschnitt überall symmetrisch ist.

Der betrachtete Riegel bildet die Decke des Schwimmkastens, er wird also auch noch durch die auf ihm ruhende Wasserlast beansprucht; diese entfällt hauptsächlich auf das Stehblech, in welchem also die Beanspruchung noch festzustellen ist. Der Riegel liegt auf der Höhe + 15,85; wenn ein Ueberdruck von 5,70 m auf ein Thor einwirkt, so befindet sich hinter diesem ein Wasserstand von + 19,80, und der Druck auf 1 qcm Stehblechfläche beträgt $\frac{19{,}80 - 15{,}85}{10}$ = 0,395 kg. Die Stehbleche sind genau wie die Bleche der Thorhaut durch 56 cm von einander entfernte Aussteifungen in langgestreckte rechteckige Felder getheilt. Ein infolge einer gleichmäfsigen Belastung auftretender Bruch wird also nach den Bachschen Versuchen in einer Linie erfolgen, die in der Mitte des Feldes parallel zu den langen Seiten verläuft und sich dann nach einer Wendung von 135° nach den Ecken zu verliert. Dort, wo der Bruch auftritt, ist auch die gröfste Materialbeanspruchung, diese wird also in der Mitte der Platte auftreten und in dem Theil des Bruches, der parallel zu den langen Seiten ist, nahezu gleichmäfsig hoch sein. Je weiter nun eine Faser von der Symmetrieachse des Riegels entfernt ist, desto gröfsere Spannungen werden in ihr durch die Momente des Wasserdrucks und des Stemmdrucks hervorgerufen, es kommt also für die Ermittlung der Spannungen im Riegelstehblech darauf an, festzustellen, bis zu welcher Entfernung von dem Schwerpunkt des Riegelquerschnittes die durch die unmittelbare Wasserbelastung des Stehbleches erzeugte gleichmäfsig hohe Beanspruchung vorhanden ist. Bach hat gefunden, dafs der Winkel, unter dem der Bruch nach der Ecke eines Bleches verläuft, 135° beträgt, für die Berechnung der Riegel ist die ungünstigere Annahme gemacht, dafs er 150° beträgt, dafs also ein Bruch der Riegelstehbleche nach der Text-Abb. 183 verlaufen würde. Es ist dann die hohe Beanspruchung noch bis zu einer Entfernung von 38 cm vom Schwerpunkt des Riegels vorhanden, und sie berechnet sich aus der Gleichung

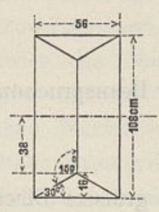


Abb. 183. Bruchfuge im Riegelstehblech. 1 : 25.

$$\delta^2 \cdot \frac{k}{6} = q \cdot \frac{l^2}{12}, \text{ oder bei 1,6 cm Stehblechstärke:}$$

$$\frac{1{,}6^2}{6} \cdot k = 0{,}395 \cdot \frac{56^2}{12}$$

$$k = \frac{0{,}395 \cdot 56^2}{1{,}6^2 \cdot 2} = \pm 242 \text{ kg}.$$

Da die Beanspruchung des Stehbleches an der fraglichen Stelle fernerhin beträgt:

durch den Stemmdruck: — 363 kg,

durch das Moment des Stemmdrucks:

$$\frac{326 \cdot 38}{67{,}8} = \pm 183 \text{ kg},$$

durch das Moment des Wasserdrucks:

$$\mp \frac{1088 \cdot 38}{67{,}8} = \mp 610 \text{ kg},$$

so ergiebt sich die höchste Gesamtbeanspruchung des Stehbleches an der fraglichen Stelle zu: $-242 - 363 - 610 + 183 = -1032$ kg. Wenn bei dem höchsten Hochwasser die Aufsenhauptthore geschlossen sind und der Wasserstand in der Schleuse auf der Höhe + 22,50 liegt, dann erfährt das Stehblech eine unmittelbare Belastung von $\frac{22{,}50 - 15{,}85}{10}$ = 0,665 kg auf 1 qcm Fläche, und die durch diese Belastung hervorgerufene Beanspruchung wird $\pm \frac{242 \cdot 0{,}665}{0{,}395}$ = ± 407 kg. Da der Ueberdruck dann nur noch 3 m beträgt, sinken die anderen Spannungen auf zusammen

$$(-363 - 610 + 183) \cdot \frac{3{,}00}{5{,}70} = -416 \text{ kg},$$

sodafs die Gesamtbeanspruchung $-407 - 416 = -823$ kg beträgt. Bei einem Aufsenwasserstande von + 22,5 und einem Canalwasserstande von + 19,3 kann der Ueberdruck beim Schleusen 3,2 m betragen, also die Beanspruchung des Stehbleches an der fraglichen Stelle durch denselben gleich

$$-\frac{790 \cdot 3{,}2}{5{,}7} = -444 \text{ kg}$$

werden. Der unmittelbare Wasserdruck auf das Stehblech

beträgt dann aber nur $\frac{19,3 - 15,85}{10} = 0,345$ kg auf 1 qcm Stehblechfläche und die dadurch hervorgerufene Beanspruchung

$$\pm \frac{242 \cdot 0,345}{0,395} = \pm 211 \text{ kg},$$

sodafs eine höchste Gesamtbeanspruchung entsteht von $-444 - 211 = -655$ kg. In der Riegelmitte ist also auch das Stehblech ausreichend stark; es fragt sich aber, ob dies auch an den übrigen Stellen des Riegels der Fall sein wird. In seinem mittleren Theil laufen die Gurtungen parallel, von der Riegelmitte bis zum Ende der äufseren Gurtplatte müssen die Gesamtbeanspruchungen abnehmen, da das Biegungsmoment des Wasserüberdruckes abnimmt, während bei allen übrigen Spannungen und ebenso beim Riegelquerschnitt keine Aenderung eintritt. Infolge der Verringerung des Querschnittes und damit des Widerstandsmomentes tritt am Ende der äufsersten Gurtplatte eine Erhöhung der Gesamtspannung ein, durch die jedoch die Gesamtbeanspruchung in der Riegelmitte nicht erreicht wird. Mehr nach den Enden des Riegels zu nimmt seine Höhe erheblich ab und dementsprechend sowohl der Querschnitt wie das Widerstandsmoment. Hier mufste durch probeweise Berechnungen festgestellt werden, ob die Beanspruchungen stets unter dem zugelassenen Mafse bleiben, und es wurde gefunden, dafs die Beanspruchung des Stehbleches in einem Querschnitt, der 162 cm Entfernung von dem Riegel-Ende hat und genau in der Mitte zwischen zwei Stehblech - Aussteifungen liegt, am gröfsten ist. Der Riegel hat dort den in der Text-Abbild. 184 gezeichneten Querschnitt, dessen Fläche $F = 312$ qcm, dessen Trägheitsmoment $J = 492\,358$ cm^4 und dessen Widerstandsmoment $W = 9579$ cm^3 ist.

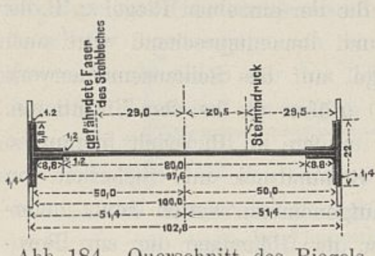


Abb. 184. Querschnitt des Riegels in 162 cm Entfernung vom Riegel-Ende. 1 : 25.

Der Stemmdruck wirkt parallel und in 29,5 cm Abstand von der Aufsenkante der hinteren Gurtwinkel, bezogen auf den Schwerpunkt der Querschnittsfläche hat er somit einen Hebelsarm von $50 - 29,5 = 20,5$ cm. Die gefährdete Faser des Stehbleches kann 29 cm von dem Schwerpunkt entfernt angenommen werden. Das Biegungsmoment des Wasserdrucks ist $M = \frac{qx(l-x)}{2}$, und zwar ist bei 5,7 m Wasserstandsunterschied $M = 86,6 \cdot \frac{162}{2}(1380 - 162) = 8\,543\,783$ kg·cm. Das Biegungsmoment der Stemmkraft ist

$$179\,262 \cdot 20,5 = 3\,674\,871 \text{ kg·cm},$$

das resultirende Moment

$$8\,543\,783 - 3\,674\,871 = 4\,868\,912 \text{ kg·cm},$$

ferner die Beanspruchung in der äufsersten Faser des Querschnitts

$$\frac{4\,868\,912}{9579} = \pm 508 \text{ kg},$$

und die Beanspruchung in der fraglichen Faser

$$\pm \frac{508 \cdot 29}{51,4} = \pm 287 \text{ kg},$$

während die Druckbeanspruchung durch die Stemmkraft

$$\frac{179\,262}{312} = -575 \text{ kg beträgt.}$$

Die die beiden zuletzt berechneten Beanspruchungen hervorrufenden Spannungen wirken parallel zur neutralen Achse, senkrecht zu dieser wirkt nun noch eine Schubspannung, die infolge der Biegungsmomente entsteht. Bezüglich der Vertheilung dieser Schubspannung über einen Querschnitt gehen die Ansichten weit auseinander, deshalb wurde der Berechnung der Riegel die ungünstige Annahme zu Grunde gelegt, dafs die Schubspannung senkrecht zur neutralen Achse gleich derjenigen ist, die an der fraglichen Stelle parallel zur neutralen Achse wirkt und aus der Formel zu berechnen ist:

$$Sch = \frac{Q \cdot S}{J},$$

in der

Q die Transversalkraft $= 86,6\left(\frac{1380}{2} - 162\right) = 45\,725$ kg,

J das Trägheitsmoment $= 492\,358$ cm^4 und S das statische Moment des Querschnittes bis zur fraglichen Faser, bezogen auf die neutrale Achse, ist, also

$$S = 22 \cdot 1,4 \cdot 50,7 + 21 \cdot 1,6 \cdot 39,5 + 2 \cdot 10 \cdot 1,2 \cdot 45 + 2 \cdot 8,8 \cdot 1,2 \cdot 49,4 = 5011 \text{ cm}^3.$$

Die Schubbeanspruchung wird

$$\frac{Sch}{1,6} = \frac{45\,725 \cdot 5011}{492\,358 \cdot 1,6} = 291 \text{ kg}.$$

Werden die Normalbeanspruchungen $287 + 575 = 862$ kg nach der von Bach in seinem Werke: „Elasticität und Festigkeit" auf Seite 249 angegebenen Formel 170 mit der Schubbeanspruchung zu einer Mittelkraft zusammengesetzt, so ergiebt sich diese zu

$$R = 0,35 \cdot 862 + 0,65\sqrt{862^2 + 4 \cdot 291^2} = 978 \text{ kg}.$$

Zu dieser Mittelkraft kommt nun noch die Beanspruchung durch die unmittelbare Belastung des Stehbleches, die ebenso wie in der Mitte des Riegels 242 kg beträgt. Beide Beanspruchungen zusammen ergeben

$$978 + 242 = 1220 \text{ kg},$$

es wird also die zulässige Beanspruchung um ein geringes überschritten. Da jedoch die Spannungen nicht in derselben Richtung wirken, auch überdies alle Rechnungsannahmen sehr ungünstig gewählt sind, so wurde von einer Verstärkung des Stehbleches Abstand genommen. Bei einem Elbewasserstande von $+25,50$ und einem Schleusenwasserspiegel von $+22,50$ beträgt der Wasserüberdruck auf das Aufsenhauptthor 3 m. In der gefährdeten Faser des Stehbleches betragen dann

$$\text{die Druckbeanspruchungen } \frac{862 \cdot 3,0}{5,7} = 454 \text{ kg},$$

$$\text{die Schubbeanspruchungen } \frac{291 \cdot 3,0}{5,7} = 153 \text{ kg},$$

sodafs die Mittelkraft ist:

$$R = 0,35 \cdot 454 + 0,65\sqrt{454^2 + 4 \cdot 153^2} = 515 \text{ kg}.$$

Die unmittelbare Belastung des Riegelstehbleches beträgt $\frac{22,50 - 15,85}{10} = 0,665$ kg für 1 qcm Fläche und die Beanspruchung aus dieser Last $\frac{242 \cdot 0,665}{0,395} = 407$ kg.

Die Mittelkraft der Druck- und Schubbeanspruchungen und die Beanspruchung durch die unmittelbare Wasserbelastung betragen zusammen $515 + 407 = 922$ kg; es wird also auch unter diesen Wasserstandsverhältnissen die zulässige Beanspruchung um ein geringes überschritten. Aus den

bereits angegebenen Gründen wurde auch diese Ueberschreitung zugelassen. Bei + 22,50 Aufsenwasserstand und + 19,20 Schleusen- oder Canalwasserstand werden die Beanspruchungen, wie aus der bezüglichen Berechnung für die Riegelmitte hervorgeht, erheblich geringer als die zuletzt gefundenen, es ist deshalb von der Durchführung dieser Berechnung Abstand genommen worden.

In gleicher Weise wie bei dem vorliegenden Riegel sind bei allen übrigen die Abmessungen ermittelt worden; hinsichtlich der Stehblechstärken ist jedoch noch zu erwähnen, dafs für die Riegel, welche die Luftkammern von einander trennen, andere Annahmen für die Belastung durch den unmittelbaren Wasserdruck gemacht werden konnten, als bei allen anderen Riegeln. Wenn eine Luftkammer mit Wasser gefüllt werden mufs, dann wird man nach deren vollständiger Füllung die Verbindung mit dem Aufsenwasser abschliefsen und durch Ablassen eines kleinen Theiles ihres Wasserinhaltes nach dem Pumpensumpf im Einsteigeschacht dafür sorgen, dafs der die betreffende Kammer nach oben abgrenzende Riegel überhaupt keinen unmittelbaren Wasserdruck mehr erhält, während der untere Riegel nur durch eine Wassersäule, die eine Höhe gleich der Riegelentfernung hat, belastet wird. In entsprechender Weise wird man verfahren, wenn eine der kleinen Wasserkammern zwischen dem Einsteigeschacht und der Wendesäule entleert werden mufs. Da das Füllen von Luftkammern und das Entleeren von Wasserkammern stets nur dann vorgenommen werden wird, wenn das betreffende Thor geöffnet ist oder nur einen geringen Wasserüberdruck auszuhalten hat, sodafs während dieser Mafsnahmen in den Stehblechen keine grofsen Spannungen auftreten werden, so konnten die Stehbleche der drei in Frage kommenden Riegel verhältnifsmäfsig schwächer gemacht werden als bei allen übrigen Riegeln. Zu weit durfte damit jedoch nicht gegangen werden, da einmal die Aufsenhaut einer Luftkammer so beschädigt werden kann, dafs sich die Kammer mit Wasser füllt, und da ferner der Fall wohl denkbar ist, dafs infolge einer Unachtsamkeit der Schleusenwärter die Verbindung der Luftkammer mit dem Aufsenwasser doch geöffnet bleibt. Die Blechstärken wurden so gewählt, dafs in solchem Falle die Beanspruchung unter 1600 kg bleibt, also das Eintreten von bleibenden Formänderungen der Riegelstehbleche auch dann noch ausgeschlossen ist. Die bezügliche Berechnung hat ergeben, dafs die Stärke der Stehbleche der drei Riegel 15, 14 bezw. 13 mm betragen mufs. Die Wasserkammern oberhalb der Luftkammerdecke müssen mit dem Aufsenwasser in steter Verbindung stehen; wenn also eine derselben entleert ist, dann erhalten die beiden sie begrenzenden Riegel den ihrer Lage unter dem jeweiligen Wasserspiegel entsprechenden Druck, und deshalb wurden ihre Stehbleche für eine höchste Beanspruchung von 1200 kg berechnet.

2. Die Ebbethore der Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau.

(Hierzu die Abbildungen auf Bl. 29 u. 30.)

Die Länge der Ebbethorflügel ist genau so grofs wie die der Fluththore, die Höhe konnte jedoch erheblich geringer angenommen werden, weil die vor den geschlossenen Thoren auftretenden höchsten Wasserstände sowohl in Brunsbüttel wie in Holtenau die Höhenlage + 20,27 nicht überschreiten können. Bei diesem Verhältnifs der Thorlänge zur Thorhöhe schien es zweckmäfsig, das Thorgerippe der Ebbethore aus lothrechten Ständern zu bilden, die sich einerseits gegen einen oberen wagerechten Riegel und anderseits gegen den Drempel stützen. Demgemäfs bestehen die Ebbethore im wesentlichen aus

1. einem Rahmen, gebildet aus einem oberen und einem unteren Riegel, einer Wendesäule und einer Schlagsäule, welche letztere sich von den Mittelständern nur durch eine geringere Breite unterscheidet,
2. acht senkrechten Ständern, welche die wagerechte Entfernung zwischen Wende- und Schlagsäule in neun gleiche Felder theilen,
3. der Thorhaut mit ihren Aussteifungen und
4. einer wagerechten Versteifungswand, die das Thor-Innere in Verbindung mit den Ständern in eine gröfsere Anzahl von Abtheilungen theilt.

Der beim Schleusenbetriebe auf die Thore wirkende Wasserüberdruck wird von der dem höheren Wasserstande zugekehrten Thorhaut mit Hülfe ihrer Versteifungen auf die senkrechten Ständer übertragen und von diesen aus theils dem oberen Riegel, theils vermittelst des unteren Riegels dem Drempelmauerwerk zugeführt. Dabei entfällt zwar der gröfsere Theil des Wasserüberdrucks auf das Drempelmauerwerk, immerhin wird aber die Belastung des oberen Riegels ganz erheblich gröfser, als die der einzelnen Riegel z. B. der Brunsbütteler Fluththore, und dementsprechend wird auch die durch den oberen Riegel auf das Schleusenmauerwerk übertragene Stemmkraft viel gröfser als bei den Fluththoren. Die Höhenlage des Riegels mufste in Rücksicht hierauf so gewählt werden, dafs der Stemmdruck mit Sicherheit von dem Schleusenmauerwerk aufgenommen werden kann, anderseits war sie aber auch von der Höhenlage der zur Bewegung der Thorflügel dienenden Zahnstangen abhängig. Wie bereits oben erörtert worden ist, schliefsen bei den vier am Aufsen- oder Binnenhaupt der Schleusen vorhandenen Thorflügeln drei Zahnstangen in gleicher Höhe an, während die vierte Zahnstange um soviel tiefer gelegt ist, dafs die Laufbahnen für die Zahnstangen der beiden zur Mittelmauer gehörigen und von ihr aus bewegten Thorflügel innerhalb dieser Mauer übereinander angeordnet werden konnten. Um das bei der Bewegung der Thorflügel aus der Zahnstangenspannung hervorgehende, auf Verdrehung des oberen Riegels hinwirkende Moment bei allen Thorflügeln möglichst klein zu erhalten, wurden die Anschlüsse für die drei hoch liegenden Zahnstangen ebenso weit über dem obersten Riegel angeordnet wie der Anschlufs der vierten, tief liegenden Zahnstange, unter dem Riegel vorgesehen wurde; der Riegel liegt also genau in der Mitte zwischen den Anschlüssen. Die Höhenlage der unteren Zahnstange mufste in Rücksicht auf die von Zeit zu Zeit nothwendige Besichtigung und die Unterhaltungsarbeiten so gewählt werden, dafs die Stange sowohl in Brunsbüttel wie in Holtenau häufig genug über dem Wasserspiegel zu liegen kommt. Infolge dessen wurde für die Mitte der unteren Zahnstange in Holtenau die Höhenlage + 19,93 angenommen, sodafs sie in Brunsbüttel wegen der um 0,40 m tieferen Lage der Drempel auf + 19,53, d. i. 1 m über dem gewöhnlichen Niedrigwasser

liegt. Hiernach ergab sich für die Mitte des oberen Riegels die Höhe in Brunsbüttel zu + 19,99 und in Holtenau zu + 20,39 m.

Die Grundrifsform der Ebbethore stimmt nicht vollständig mit der der Fluththore überein, hervorgerufen sind die Abweichungen im wesentlichen durch den Fortfall der Stemmleiste an der Wendesäule und die dadurch möglich gewordene einfachere Form dieser Säule. Auch sind die Ebbethore etwas weniger dick, weil die Dichtungsleiste an dem unteren Riegel nicht wie bei den Fluththoren an dem Stehblech des Riegels befestigt ist, sondern auf die Gurtplatte desselben aufgelegt ist, und deshalb der Abstand des Thores vom Drempel vergröfsert werden mufste. Der Mittelpunkt der Wendenische liegt auch bei den Ebbethoren 0,45 m hinter der Flucht der Schleusenmauern, und eine durch den Mittelpunkt gleichlaufend mit dem Drempel gelegte Linie hat 0,45 m Abstand von ihm. Ebenso ist die Ausrundung der Wendenische nach einem Halbmesser von 0,45 m ausgeführt, der sich allerdings dort, wo die Kraftübertragung von dem oberen Riegel und, wie später näher erörtert werden wird, unter Umständen auch von dem unteren Riegel auf das Schleusenmauerwerk erfolgt, auf 0,44 m ermäfsigt.

Der untere Riegel hat nur die von den Ständern auf ihn übertragenen Wasserdruckkräfte an das Drempelmauerwerk zu übermitteln, er brauchte also nicht für die Aufnahme von Biegungsspannungen hergerichtet zu werden und konnte aus

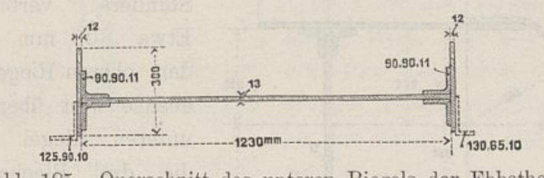


Abb. 185. Querschnitt des unteren Riegels der Ebbethore in der Thormitte. 1 : 25.

einem Blechträger gebildet werden, dessen Gurte mit einer Kopfplatte nur des Anschlusses der Thorhaut wegen versehen wurden. Der Querschnitt des unteren Riegels, wie er in der Thormitte vorhanden ist, ist in der Text-Abb. 185 dargestellt. Die gestrichelten Winkel sind der Dichtungsleiste und der Schutzleiste wegen angebracht worden. Wie aus den Abb. 1, 5, 6, 7 u. 8 Bl. 29 u. 30 zu ersehen ist, hat das Stehblech Aussteifungen erhalten, die zwischen den Ständern aus ⅂L-Eisen (N.-Pr. Nr. 14) bestehen und das Stehblech gegen den von unten her wirkenden Wasserdruck sichern. Die ⅂L-Eisen sind mit dem Stehblech vernietet, aufserdem aber mittels Anschlufsblechen und lothrechten Winkeln, die bis zu der untersten Reihe der wagerechten Versteifungsträger der Thorhaut hinaufreichen, an die Blechhaut der Thore angeschlossen. Die Gefahr des Ausbauchens der so gebildeten Consolen liegt nicht vor, weil zu solchen Zeiten, wo auf das Riegelstehblech die grofsen Wasserdrucke einwirken, auch nahezu derselbe Druck auf die unteren Theile der Thorhaut zur Geltung kommt. Berechnet mufste das Riegelstehblech mit seinen Aussteifungen für einen Druck werden, der dem höchsten in Brunsbüttel vorkommenden Wasserstande, also der Höhenlage + 25,50, entspricht.

Zwischen den beiden unteren Riegeln zweier zusammengehörigen Thorflügel ist ein kleiner Zwischenraum gelassen, sodafs Stemmkräfte in den Riegeln nicht entstehen können. Um aber auch dann, wenn sich zwischen die Riegel-Enden in dem letzten Augenblick vor dem Anlegen der Thorflügel an den Drempel ein fester Gegenstand einklemmen sollte, den Spurzapfen vor der Einwirkung gröfserer wagerechter Kräfte zu schützen, ist an dem unteren Riegel ein Gleitlager angebracht, das abgesehen von der nur 36 cm betragenden Höhe dieselben Abmessungen hat, wie das am oberen Riegel befindliche, später näher zu beschreibende Stemmdrucklager. An beiden Enden ist das Riegelstehblech durch zwischen die Gurtungswinkeleisen gelegte Platten verstärkt worden. An der Wendesäule, wo das Stehblech besonders stark sein mufs, da es hier unter Umständen das ganze Gewicht des Thorflügels aufzunehmen hat, wurden noch zwei weitere Platten angeordnet, die über die wagerechten Schenkel der Gurtwinkel hinweggreifen, und aufserdem wurde das Stehblech durch eine senkrechte Platte, die an die Blechhaut der Wendesäule mit Winkeleisen angeschlossen ist, kräftig versteift.

Der obere Riegel hat genau dieselbe Grundform wie der untere Riegel, seine Gurtungen mufsten aber erheblich stärker werden, da er sowohl durch den Wasserdruck wie auch durch die Stemmkraft beansprucht wird. Für die Berechnung des Riegels und ebenso für die der Ständer wurde angenommen, dafs vor und hinter den Ebbethoren Wasserstandsunterschiede von 3 m auftreten können. Bei dieser Annahme wurde davon ausgegangen, dafs während der tiefsten Niedrigwasserstände der Elbe im Canal höhere Wasserstände als die normalen nicht auftreten können. Die infolge des Wasserüberdrucks von 3 m Höhe auftretende Belastung des oberen Riegels beträgt für jeden Meter Länge desselben 10740 kg, und die Stemmkraft ergiebt sich zu 238000 kg. Die beiden Kräfte erzeugen — ebenso wie bei den Fluththoren — Momente, die einander entgegenwirken, sodafs sich die entstehenden Spannungen gegenseitig zum Theil aufheben. Angesichts der aufserordentlich grofsen, zur Wirkung gelangenden Kräfte mufste Werth darauf gelegt werden, dafs dieses gegenseitige Aufheben der Spannungen in möglichst grofsem Umfange stattfindet. An dem Moment des Wasserdrucks liefs sich nichts ändern, es war durch die Thorflügel-Länge und -Höhe und durch den Wasserstandsunterschied vor und hinter dem Thor gegeben. Ebensowenig war eine Verminderung oder Vergröfserung der Stemmkraft möglich, dagegen liefs sich der Hebelsarm der Stemmkraft und damit ihr Moment innerhalb gewisser Grenzen vergröfsern. Dieses wurde dadurch erreicht, dafs die Stemmkraft selbst möglichst nahe an die Hinterseite und der Schwerpunkt des Riegelquerschnittes möglichst nahe an die Vorderseite des Thores gelegt wurde. Wie bei den Fluththoren findet die Berührung zwischen der Wendenische und dem Thorflügel in einer Cylinderfläche statt, deren Achse mit der Wendesäulenachse zusammenfällt. Infolge dessen mufs die Stemmkraft durch den Mittelpunkt der Wendesäule gehen und trifft den oberen Riegel, wie aus der Text-Abb. 186 ersichtlich ist, in einem Punkt, der von der

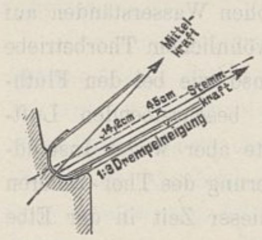


Abb. 186. Kraftübertragung am Stemmdrucklager des oberen Riegels.

durch den Mittelpunkt der Wendesäule gleichlaufend zum Drempel gelegten Linie einen Abstand von 14,2 cm hat.

Der Querschnitt des oberen Riegels in der Thormitte ist in der Text-Abb. 187 dargestellt. Infolge der Anordnung von fünf Gurtplatten auf der dem höheren Wasserstande zugekehrten Riegelseite gegenüber nur einer Platte an der anderen Gurtung liegt der Schwerpunkt des Riegelquerschnittes erheblich aufserhalb der Mitte des Stehbleches und dadurch wird der Hebelsarm der Stemmkraft bis auf 65,2 cm gebracht. Das von dem Wasserdruck hervorgerufene Biegungsmoment ist in der Riegelmitte gleich rund 26426000 kg·cm, das Biegungsmoment der Stemmkraft ist gleich 14738000 kg·cm, das resultirende Moment beträgt demnach nur noch 26426000 — 14738000 = 11658000 kg·cm, also weniger als die Hälfte des durch den Wasserdruck erzeugten Momentes.

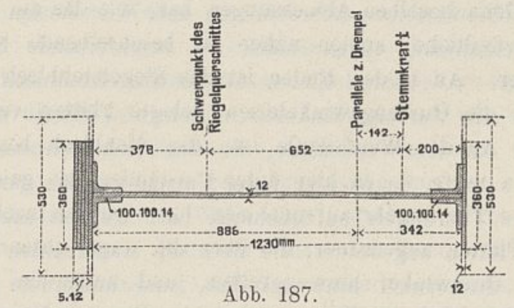


Abb. 187.
Querschnitt des oberen Riegels der Ebbethore im mittleren Theil der Thorflügel. 1 : 25.

Nach den Riegel-Enden zu nimmt das aus dem Wasserdruck entstehende Biegungsmoment ab, deshalb konnte auch die Zahl der Gurtplatten auf der Aufsenseite des Thores nach den Enden zu vermindert werden. Anderseits mufste der dem Drempel zugekehrte Gurt an den Thor-Enden durch Anordnung einer zweiten Gurtplatte verstärkt werden, da hier durch die Stemmkraft und durch das Moment der Stemmkraft Druckspannungen hervorgerufen werden, die den Gurt zu stark beansprucht haben würden, wenn er nicht verstärkt worden wäre. In der Nähe der Schlagsäule und der Wendesäule haben beide Riegelgurte je zwei Gurtplatten, aufserdem ist hier auch das Stehblech durch je zwei zwischen die Gurtwinkel und je zwei auf die wagerechten Schenkel der Gurtwinkel gelegte Bleche verstärkt worden, wie aus den Abb. 1, 2 u. 3 auf Bl. 29 u. 30 und den Abb. 9 bis 12 daselbst, die die Anordnung im einzelnen zeigen, ersichtlich ist. In dem mittleren Theil der Riegellänge hat das Stehblech besondere Aussteifungen nicht erhalten, weil es durch die Anschlufswinkel der Ständer in genügendem Mafse ausgesteift ist. Die unmittelbare Belastung des Stehbleches durch das Gewicht der bei hohen Wasserständen auf ihm ruhenden Wassermenge ist bei gewöhnlichem Thorbetriebe gleich Null, da das Thor-Innere ebenso wie bei den Fluththoren mit Ausnahme der später zu beschreibenden Luftkammer mit Wasser gefüllt ist. Sollte aber wegen Instandsetzungsarbeiten eine theilweise Entleerung des Thor-Inneren stattgefunden haben, und während dieser Zeit in der Elbe eine Sturmfluth eintreten, deren Wasserstand die Höhe + 25,50 erreicht, dann würde nach den angestellten Berechnungen die Beanspruchung des Stehbleches doch nur 1243 kg·qcm erreichen und auch das nur, wenn die äufseren Fluththore aus irgend einem Grunde nicht geschlossen werden können, sodafs der Wasserspiegel in der Schleuse mit der Sturmfluthhöhe übereinstimmt. Bei einem Wasserstande von + 22,50, wie er beim Schleusenbetriebe vorkommen kann, beträgt die Beanspruchung des Stehbleches nur 565 kg statt der bei den Berechnungen der Thortheile zugelassenen 900 kg.

Die Wendesäule (Text-Abb. 188) ist aus drei Blechen und einem lothrechten, als Blechträger ausgebildeten Ständer zusammengesetzt. Die Bleche sind 12 mm stark, das gekrümmte Blech ist nach einem äufseren Halbmesser von 410 mm gebogen, der Krümmungsmittelpunkt fällt mit dem Mittelpunkt der Wendenische zusammen. Unter einander sind die Bleche mittels doppelter Nietreihen verbunden. Die untersten Gurtbleche des oberen Riegels stofsen stumpf gegen die beiden ebenen Bleche, während die zweiten Gurtbleche über die Stöfse hinweg bis an das gekrümmte Seitenblech herangeführt sind. Bei dem untersten Riegel stofsen die Gurtplatten stumpf gegen die ebenen Bleche der Wendesäule. Im Inneren der Säule laufen gebogene Winkeleisen von 75 · 75 · 10 mm Stärke von dem Ständer an den Blechen entlang bis wiederum zum Ständer. Diese Winkeleisen haben im unteren Theil des Thores 50 cm, im oberen Theil 55 cm Entfernung von einander. Sie sind an dem Uebergang von den ebenen Platten zu der gebogenen Platte durch 10 mm starke, mit ihnen vernietete Bleche ausgesteift und durch eben so starke Anschlufsbleche mit den wagerechten Versteifungswinkeln des Ständers verbunden. Etwa 800 mm unter dem oberen Riegel und ebenso weit über dem unteren Riegel haben die drei Bleche der Wendesäule je einen gemeinsamen Stofs, während der Ständer von dem oberen bis zu dem unteren Riegel ungestofsen durchgeht. Der Theil der Wendesäule zwischen diesen beiden Stöfsen kam einschliefslich der überragenden Enden des Ständers in einem Stück vollständig fertig vernietet auf die Baustelle. Die über dem oberen Stofs liegenden Theile der drei Bleche waren mit dem oberen Riegel, die unter dem unteren Stofs liegenden Theile derselben mit dem unteren Riegel zusammen im Werk vernietet worden, sodafs sich die auf der Baustelle an der Wendesäule ausgeführte Nietarbeit auf die Stöfse der drei Platten und die Verbindung der überstehenden Theile des Ständers mit den ebenen Platten und den wagerechten Winkeln an den Riegeln beschränkte.

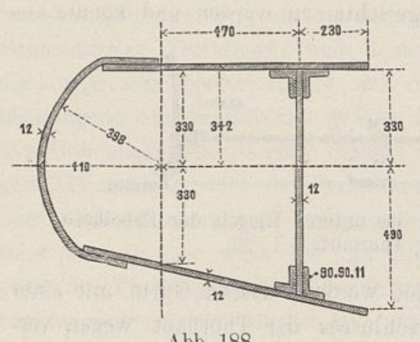


Abb. 188
Querschnitt der Wendesäule. 1 : 25.

Sämtliche Ständer, einschliefslich des zur Wendesäule gehörigen und des die Schlagsäule bildenden Ständers, sind als Blechträger ausgebildet. Die im mittleren Theil der Thorflügel liegenden Ständer haben 10 mm starke Stehbleche und aus Winkeln von 90 · 90 · 9 mm und Deckplatten von 300 mm Breite und 12 mm Stärke gebildete Gurtungen erhalten (Text-Abb. 189). Die beiden, den Einsteigeschacht begrenzenden Ständer sind jedoch im Stehblech 13 mm stark. Die Ständer zwischen den abgeschrägten Theilen der Riegel

haben 330 mm breite Gurtplatten erhalten. Der Querschnitt der Schlagsäule ist in der Text-Abb. 190 dargestellt. Mit Ausnahme der Schlagsäule haben sämtliche Ständer in den Gurten nur eine Deckplatte, die Schlagsäule hat jedoch in ihrer ganzen Länge in jedem Gurt aufser der breiten Platte, an welche die Thorhaut angeschlossen ist, noch zwei weitere Gurtplatten erhalten. Diese Platten sind in der Mitte des Ständers nothwendig, weil dort sonst die Beanspruchungen des Materials aus dem durch den Wasserüberdruck hervorgerufenen Biegungsmoment zu grofs werden würden; sie sind vom oberen bis zum unteren Riegel durchgeführt, um die Seitensteifigkeit der Schlagsäule zu erhöhen. Die Verbindung der Schlagsäule mit dem oberen Riegel ist aus Abb. 11 u. 12 Bl. 29 u. 30 ersichtlich. Der untere Riegel stöfst stumpf gegen die Schlagsäule. Diese geht mit Ausnahme der in der Text-Abb. 190 mit *a* bezeichneten beiden Winkel bis zur Unterkante des Riegels durch. Die beiden Winkel *a* sind über die Gurtwinkel auf der Oberseite des Riegels hinweg gekröpft und endigen dann. Die Verbindung der Stehbleche des Riegels und der Schlagsäule wird durch zwei wagerechte Winkeleisen, die mit beiden Blechen vernietet sind, bewirkt. Die Abb. 5 u. 6 Bl. 29 u. 30 geben hierüber Aufschlufs.

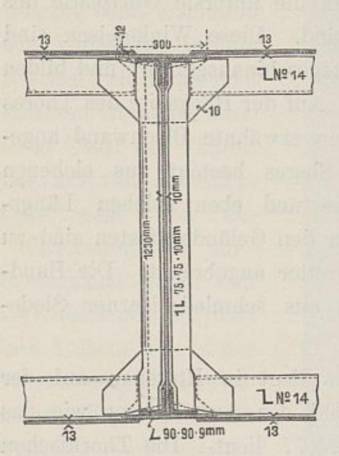


Abb. 189. Wagerechter Schnitt durch einen mittleren Ständer. 1 : 25.

Die Blechbekleidung des Thores ist auf beiden Seiten gleich stark. Sie besteht aus einzelnen Blechtafeln mit lothrechter Längserstreckung, die an den Langseiten mittels einreihiger Vernietung an die Gurtplatten der Ständer angeschlossen sind; nur an der Wendesäule und an der Schlagsäule ist die Befestigung mit zwei Nietreihen bewirkt. Die Bleche sind einmal gestofsen, sie haben im unteren Theil der Thore 13 mm, im oberen 11 mm Stärke. Zur Aussteifung der Thorhaut dienen ⅂L-Eisen, die durch Anschlufsbleche mit an der Blechwand der Ständer angebrachten wagerechten Winkeleisen verbunden sind. (Text-Abb. 189.) Die acht unteren ⅂L-Eisen haben 500 mm Abstand von einander und 16 cm Höhe, die oberen ⅂L-Eisen 550 mm Abstand und 14 cm Höhe. Die Stärke der Blechhaut ist in derselben Weise berechnet worden wie bei den Fluththoren. Die Spur- und Halslager stimmen mit denen an den Fluththoren derart überein, dafs sich ein weiteres Eingehen auf diese Theile erübrigt. Der Stemmdruck wird auf die Wendenische durch einen an der Wendesäule in Höhe des oberen Riegels angebrachten Stahlkörper übertragen. Derselbe ist in den Abb. 1, 9 u. 10 Bl. 29 u. 30 dargestellt und so bemessen, dafs die Pressung des Granits der Nische 60 kg/qcm beträgt. In Höhe des unteren Riegels ist ein ähnlicher

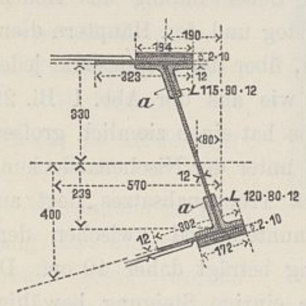


Abb. 190. Querschnitt der Schlagsäule. 1 : 25.

Körper angebracht, dessen Bestimmung bereits oben angegeben ist. An der Schlagsäule und dem oberen Riegel ist der in den Text-Abb. 191 und 192 dargestellte Stemmdruckkörper angebracht. Er besteht aus Stahl und legt sich mit seinen sorgfältig behobelten Flächen gegen die ebenfalls sauber abgefrästen Flächen des verstärkten Riegelstehbleches. An diesem Körper befindet sich auch ein Auge für den Anschlufs der Schutzkette, die bei den Ebbethoren ebenso vorhanden ist, wie bei den Fluththoren.

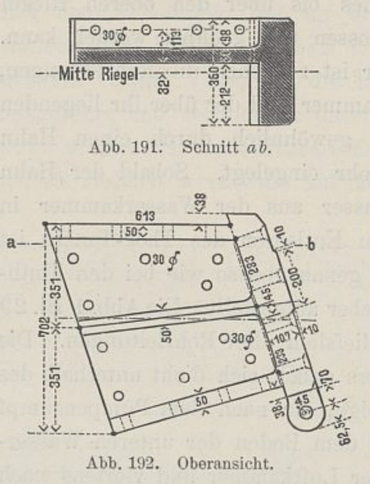


Abb. 191. Schnitt *ab*.

Abb. 192. Oberansicht.

Stemmlager an der Schlagsäule. 1 : 25.

In der Höhenlage + 14,487 für Brunsbüttel und dementsprechend + 14,887 für Holtenau ist zwischen die Thorhaut und die Ständer eine aus gekümpelten Blechen gebildete wasserdichte Trennungswand eingebaut. Diese Wand ist zwischen zwei Ständern mit einer grofsen Durchbrechung versehen, und der von diesen Ständern und den zugehörigen Blechen der Thorhaut eingeschlossene Raum dient als Einsteigeschacht. Der unterhalb der Zwischenwand von dem Einsteigeschacht nach der Schlagsäule zu gelegene Theil des Thor-Innern soll während des gewöhnlichen Thorbetriebes mit Luft gefüllt sein, und als Luftkammer genau in derselben Weise wirken, wie es oben bei den Fluththoren eingehend erläutert worden ist. Die übrigen, aufserhalb des Einsteigeschachtes gelegenen Räume des Thor-Innern werden dagegen auch bei den Ebbethoren bis zur Höhe des hinter dem geschlossenen Ebbethor jeweilig vorhandenen Wasserstandes mit Wasser gefüllt sein. Die wagerechte Zwischenwand ist in derselben Weise wie der untere Riegel gegen den auf sie wirkenden Wasserdruck ausgesteift. Die Stehbleche der beiden den Einsteigeschacht begrenzenden Ständer können denselben Wasserdruck erhalten wie die Hautbleche und sind gegen ihn in gleicher Weise wie diese gesichert. In jedem Ständer sind in einiger Höhe über dem unteren Riegel und der wagerechten Zwischenwand Mannlöcher angeordnet. Die vom Einsteigeschacht nach den vier, durch den Schacht und die wasserdichte Zwischenwand gebildeten Abtheilungen des Thor-Innern führenden Mannlöcher können durch Deckel geschlossen werden, die genau so eingerichtet sind wie bei den Fluththoren, die übrigen haben jedoch keine Deckel erhalten.

Im Einsteigeschacht, der durch eine von oben bis zum unteren Riegel durchgehende Steigeleiter zugänglich gemacht ist, sind die Vorrichtungen zum Füllen und Entleeren der vier Abtheilungen des Thor-Inneren untergebracht. Zum Füllen der oberhalb der wagerechten Zwischenwand links bezw. rechts vom Schacht gelegenen beiden Kammern dient je ein gekrümmtes Rohr, das einerseits an dem an dieser Stelle der Lichtweite des Rohres entsprechend durchbohrten Stehblech des den Einsteigeschacht begrenzenden Ständers und anderseits an der ebenfalls durchbohrten, hinteren Thorhaut befestigt ist. Die Rohre haben 120 mm lichten Durch-

messer erhalten und können durch eingebaute Schieberventile abgesperrt werden. Die Wasserkammer unterhalb der wagerechten Zwischenwand und ebenso die Luftkammer können nur mittelbar mit Wasser gefüllt werden. Für das Füllen der Wasserkammer ist in der Zwischenwand ein Kegelventil angeordnet, das mittels eines bis über den oberen Riegel reichenden Gestänges geschlossen und geöffnet werden kann. Zum Füllen der Luftkammer ist zwischen die Rohrleitungen, die zum Entleeren der Luftkammer und der über ihr liegenden Wasserkammer dienen, ein gewöhnlich durch einen Hahn verschlossenes Verbindungsrohr eingelegt. Sobald der Hahn geöffnet wird, tritt das Wasser aus der Wasserkammer in die Luftkammer über. Zum Entleeren des Thor-Innern ist in dem Einsteigeschacht ein genau ebenso wie bei den Fluththoren angeordneter Wasserheber aufgestellt. Die Abb. 1 Bl. 29 u. 30 zeigt denselben einschliefslich aller Rohrleitungen. Die Saugeleitung des Wasserhebers gabelt sich dicht unterhalb des Pumpenkörpers in vier Zweige, die nach dem Pumpensumpf des Einsteigeschachtes, nach dem Boden der unteren Wasserkammer, nach dem Boden der Luftkammer und viertens nach dem Boden der oberen Wasserkammer zwischen Einsteigeschacht und Schlagsäule führen. Die obere, zwischen der Wendesäule und dem Einsteigeschacht liegende Wasserkammer hat also keinen Anschlufs an den Wasserheber erhalten. Dicht vor dem Körper, in dem sich die vier Zweigleitungen vereinigen, ist in jede einzelne dieser Leitungen ein Hahn eingebaut. Die Ausgufsleitung mündet oberhalb des oberen Riegels auf der Rückseite des Thores aus, die Zuführung des Druckwassers zu den Thoren ist genau so ausgebildet wie bei den Fluththoren. Der untere Riegel und die wagerechte Zwischenwand sind mit einer Betonschicht abgedeckt, deren Oberfläche Gefälle nach dem zugehörigen Pumpensumpf und dem Abflufsrohr hat. Das Abströmen der Luft beim Anfüllen der Kammern mit Wasser, sowie das Einströmen derselben beim Entleeren der Kammern erfolgt für jede Kammer durch ein im lichten 60 mm weites verzinktes Eisenrohr, das an die Decke der betreffenden Kammer, also entweder die wagerechte Zwischenwand oder den oberen Riegel angeschlossen und nach der Rückseite des Thores geführt ist.

Die Lüftung der Kammern geschieht wie bei den Fluththoren mit Hülfe eines auf dem obersten Riegel aufgestellten Wasserstrahl-Ventilators. Die zugehörigen Saugeleitungen sind an diejenigen Räume der vier Kammern angeschlossen, die vom Einsteigeschacht am weitesten entfernt liegen. Die Anordnung der vier Leitungen auf dem oberen Riegel und ihr Anschlufs an den Ventilator ist aus der Abb. 2 Bl. 29 u. 30 zu ersehen. Um den aus dem Einsteigeschacht in die Kammern eintretenden Luftstrom zu zwingen, die Räume zwischen den Ständern in ihrer vollen Ausdehnung zu durchströmen, sind an den Mannlöchern einzelner Ständer Verschlufsklappen und möglichst nahe unter der Decke der Kammern kreisförmige Löcher in den Stehblechen dieser Ständer angebracht.

Der Anschlufs der Zahnstangen an die Thorflügel hat im wesentlichen dieselbe Anordnung erhalten wie bei den Fluththoren, jedoch mufsten für die oberhalb des oberen Riegels angreifenden Zahnstangen auf diesem Riegel kräftige Consolen geschaffen werden. Diese Consolen sind kastenförmig ausgebildet und in derselben Anordnung auch über dem Einsteigeschacht hergestellt worden. Sie bestehen aus lothrechten, an die unterste Platte des Zuggurtes und des Druckgurtes des oberen Riegels angeschlossenen Blechen, aus zu diesen senkrecht und zwar genau in der Verlängerung der in Frage stehenden Ständer liegenden Blechen und einem wagerechten Deckblech. Die Bleche sind unter sich und mit dem Thor durch Winkeleisen verbunden. Derjenige Theil des so gebildeten Kastens, der über dem Einsteigeschacht liegt, ist wasserdicht hergestellt, sodafs er die Fortsetzung dieses Schachtes bildet und damit den Schacht auch bei Wasserständen zugänglich macht, bei denen der obere Riegel überfluthet ist. Um den auf den Thorflügeln angeordneten Steg in einer Höhe auch über den Kasten hinweg führen zu können, ist auf der Rückseite der Thorflügel das dortige senkrechte Blech des Kastens einerseits bis zur Wendesäule und anderseits bis zur Schlagsäule durchgeführt und mit einem wagerechten Winkeleisen gesäumt worden. Auf der Vorderseite des Thores bestehen die Unterstützungen des Steges aus Winkeleisen, die bei jedem Ständer angeordnet und mittels Anschlufsblechen an die unterste Gurtplatte des oberen Riegels angeschlossen sind. Diese Winkeleisen sind bis über den Bohlenbelag des Steges hinausgeführt und bilden die Pfosten des Thorgeländers. Auf der Rückseite des Thores sind gleiche Winkel an die oben erwähnte Blechwand angenietet. Der Bohlenbelag des Steges besteht aus eichenen Querhölzern von 6,5 cm Stärke und eben solchen Längsbohlen von 4,5 cm Stärke. An den Geländerpfosten sind zu beiden Seiten des Steges Stofsbretter angebracht. Die Handleisten des Geländers bestehen aus schmiedeeisernen Siederohren.

Die Oberkante des Steges liegt in Holtenau auf der Höhe + 21,34, während sowohl das Aufsenhaupt wie das Binnenhaupt auf der Höhe + 23,77 liegt. Die Thornischen sind in Holtenau mit einer später zu beschreibenden, 22 cm hohen Abdeckung versehen, deren Vorderkante in der Flucht der Schleusenmauern liegt. Zur Ueberwindung des Höhenunterschiedes zwischen dem Thorsteg und den Häuptern dient eine im Verhältnifs 6 : 5 geneigte, über der Wendesäule jedes Thorflügels aufgestellte Treppe, wie aus der Abb. 1 Bl. 29 u. 30 zu ersehen ist. Die Treppe hat einen ziemlich grofsen Absatz, der bei geöffnetem Thor unter der Nischenabdeckung Platz findet. Die Oberkante des Treppenabsatzes liegt auf der Höhe + 23,37; der Höhenunterschied zwischen dem Absatz und der Nischenabdeckung beträgt daher 40 cm. Da diese Höhe nicht gut durch eine einzige Steigung bewältigt werden kann, so liegt auf dem Absatz noch eine 15 cm hohe, leicht wegnehmbare Holzstufe. In dieser Holzstufe besteht der einzige Unterschied zwischen den Ebbethoren der beiden Schleusen in Holtenau und Brunsbüttel. In Brunsbüttel liegt der Treppenabsatz auf der Höhe + 22,97, während das Schleusenmauerwerk auf + 23,0 liegt. Auch hier ist eine Nischenabdeckung hergestellt worden, dieselbe erstreckt sich aber nicht über die ganze Thornische, sondern reicht nur bis zu einer Entfernung von 1,95 m vom Wendenischen-Mittelpunkte. Von da ab ist die übrig bleibende Nischenfläche mit einer Riffelplatte abgedeckt, die theils auf die Nischenabdeckung, theils auf ein in das Schleusenmauerwerk eingelassenes Winkeleisen aufgeschraubt ist. Unter diese Riffelplatte legt sich der Treppenabsatz mit einem Spielraum von etwa 2 cm.

Stemmleisten sind an den Ebbethoren nicht vorhanden, dagegen befindet sich an dem unteren Riegel, sowie an der Schlag- und Wendesäule je eine Dichtungsleiste. Zwischen den Leisten an den Schlagsäulen zweier zusammengehörigen Thorflügel ist ein nach unten zu sich bis auf 1 cm erweiternder keilförmiger Spalt gelassen, damit ein Stemmen zwischen den beiden Leisten vermieden wird. Durch diesen Spalt spritzt allerdings etwas Wasser, wenn die Thore unter einseitigem Wasserüberdruck geschlossen sind, hiergegen lagen aber unter den obwaltenden Umständen keinerlei Bedenken vor. Auf der Vorderseite des unteren Riegels und an beiden Gurtungen des oberen Riegels sind aufserdem eichene Schutzleisten angebracht. Die Leisten auf der Vorderseite des Thores dienen zur Begrenzung der Bewegung beim Einfahren der Thorflügel in die Nischen, sie erstrecken sich nur über den mittleren Theil des Thores. Die Leiste auf der Rückseite geht von der Wendesäule bis zur Schlagsäule durch und ist so stark gewählt, dafs ihre Aufsenfläche in der Flucht der Schleusenmauern liegt, wenn die Thorflügel in die Nischen gedreht sind.

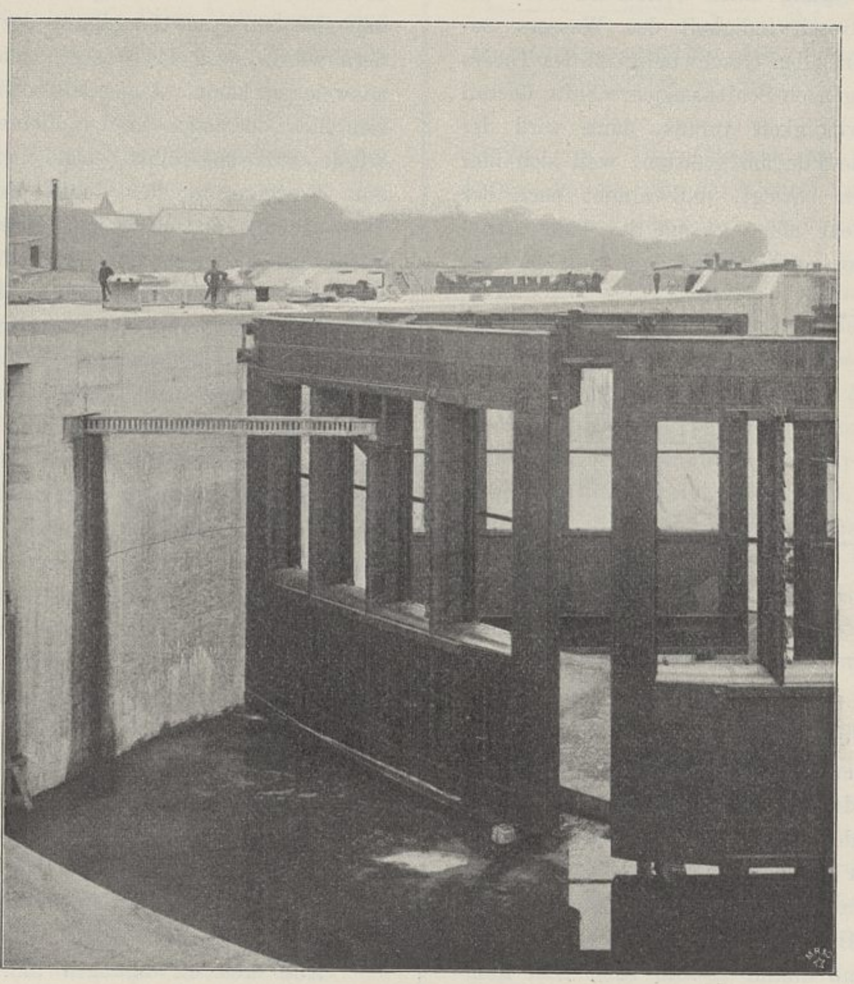


Abb. 193. Sperrthore der Schleusen in Holtenau.

3. Die Sperrthore der Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau.

(Hierzu die Abbildungen auf Bl. 31 und 32.)

Wie bereits im Eingang zu diesem Abschnitt gesagt worden ist, sollen die Sperrthore es ermöglichen, dafs trotz einer in den geöffneten Schleusen herrschenden Strömung zum Schleusen mit den Fluth- oder Ebbethoren übergegangen werden kann. Diese Thore können in der Strömung nicht geschlossen werden, weil die dabei auf sie einwirkenden Kräfte so grofs werden würden, dafs selbst bei Anwendung ganz ungewöhnlich starker und für den regelmäfsigen Schleusenbetrieb viel zu schwerer Bewegungsvorrichtungen die Betriebssicherheit der Thore in hohem Grade gefährdet sein würde. Um die Fluth- und Ebbethore ohne Gefahr schliefsen zu können, mufs daher zunächst die Strömung in der Schleuse aufgehoben werden, und diesem Zweck dienen die Sperrthore. Sie haben nur diese eine Aufgabe zu erfüllen und konnten deshalb in allen ihren Theilen dieser Aufgabe entsprechend eingerichtet werden.

Ueber die Kräfte, welche beim Schliefsen von Thoren mit einer oder gegen eine Strömung auf die Thore einwirken, und über die Veränderungen des Wasserstandes, die durch die Absperrung des Durchströmungsquerschnittes in dessen Nähe hervorgerufen werden, lagen bei Beginn der Entwurfarbeiten für die Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau keine Erfahrungen vor. Deshalb wurden Versuche mit den Ebbethoren der an der Elbe gelegenen Auslafsschleuse des bereits mehrfach erwähnten Bütteler Canals angestellt. Diese Versuche, die in den Jahren 1887 und 88 ausgeführt und rechnerisch durchgearbeitet wurden, zeitigten zwar unmittelbar verwerthbare Ergebnisse nicht, sie lieferten jedoch vielfach werthvolle Aufklärungen über die in solchen Fällen auftretenden Verhältnisse. Für die Anordnung der Sperrthore und ihrer Bewegungsvorrichtungen wurden besonders zwei der bei den Versuchen gesammelten Erfahrungen benutzt, nämlich:

1. Je schneller eine Durchströmungsöffnung vollständig abgesperrt wird, desto höher läuft das auf den Verschlufs zufliefsende Wasser vermöge der ihm innewohnenden lebendigen Kraft an dem Verschlufs auf, und zwar erreicht es dabei eine Höhe, die erheblich gröfser ist als diejenige, die dem durch die Absperrung verursachten ruhigen Anwachsen entspricht. Vor dem Verschlufs bildet sich eine Art stehender Welle, die sich nach rückwärts fortpflanzt und erst nach einiger Zeit durch den allmählich erfolgenden Wasserzuflufs verschwindet. Hinter dem Verschlufs tritt zugleich eine Senkung des Wasserstandes ein, die eine Folge davon ist, dafs das Wasser hier auch nach dem Abschlufs der Durchströmungsöffnung noch weiter fliefst. Auf die Bewegungsvorrichtungen des Verschlusses wird schon kurz nach dem Beginn der Verminderung des Durchströmungsquerschnittes eine erhebliche Kraft ausgeübt, die dann stetig, anfangs langsamer, gegen Ende rascher zunimmt und im Augenblick des vollständigen Abschlusses ihren Höchstwerth erreicht.

2. Erfolgt die Absperrung eines Durchströmungsquerschnittes nicht vollständig, weil in dem Verschlufs Oeffnungen sind, die einem Theil des Wassers den Durchgang auch während des Schliefsens gestatten, dann wirken auf die Bewegungsvorrichtungen ganz erheblich geringere Kräfte ein.

Auf Grund dieser Erfahrungen wurden die Sperrthore, wie die nach einer photographischen Aufnahme der Holtenauer

Schleuse hergestellte Text-Abb. 193 zeigt, mit möglichst grofsen Schützöffnungen versehen, die während des Schliefsens der Thore frei sind und erst dann, wenn die Thore bereits am Drempel liegen, durch Schützen geschlossen werden, die während der Bewegung der Thore hinter dem unteren vollwandigen Theile derselben liegen und nach dem Schliefsen der Thore durch Maschinenkraft mit Hülfe von Ketten in die Höhe gezogen werden.

Für die Bestimmung der Lage der Schützöffnungen in der Thorfläche waren die folgenden Erwägungen mafsgebend. Das durch die Schleusen strömende Wasser übt auf die Thore während ihrer Bewegung einen Stofsdruck aus, der mit der zunehmenden Geschwindigkeit des Wassers zunimmt und mit der zunehmenden Geschwindigkeit des Thores abnimmt. Setzt man im ganzen Schleusenquerschnitt überall die gleiche Wassergeschwindigkeit voraus, dann wird der Stofsdruck nahe der Wendesäule am gröfsten, weil sich hier das Thor am langsamsten bewegt, und nimmt nach der Schlagsäule zu immer mehr ab. Der auf das Thor ausgeübte Stofsdruck würde also — abgesehen von dem Moment

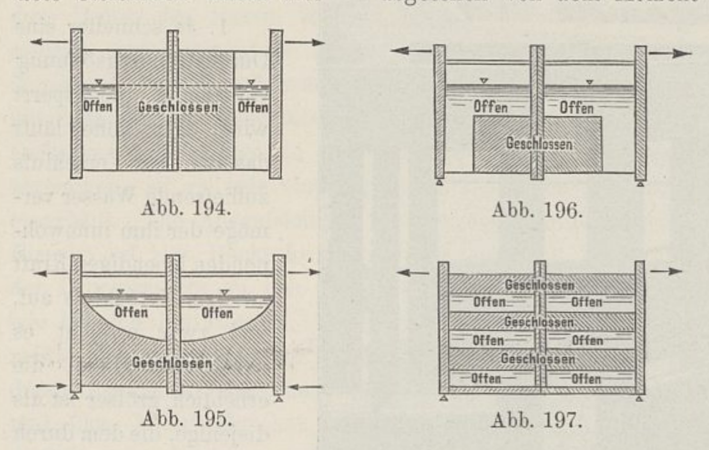


Abb. 194. Abb. 196.

Abb. 195. Abb. 197.

des Stofsdruckes — bei einer bestimmten Wassergeschwindigkeit und einer bestimmten Winkelgeschwindigkeit des Thores am kleinsten werden, wenn die Schützöffnungen der Wendesäule möglichst nahe, also nach der Text-Abb. 194 angeordnet werden. Nun ist aber die Wassergeschwindigkeit in dem Schleusenquerschnitt keineswegs überall gleich, vielmehr ist sie in der Mitte der Schleuse etwas unter der Oberfläche am gröfsten und nimmt sowohl nach dem Kammerboden, als auch nach den Schleusenwänden zu ab. Die Rücksicht auf die Wassergeschwindigkeit allein würde also eine Anordnung der Schützen nach der Text-Abb. 195 erfordern, während bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Wasser- und der Thorgeschwindigkeit eine Vertheilung der Schützöffnungen nach Mafsgabe der Text-Abb. 196 vortheilhaft erscheinen würde. Diese letztere Anordnung bietet schon für die Ausführung schwer zu überwindende Unbequemlichkeiten, aufserdem durfte aber nicht aufser Acht gelassen werden, dafs die Wassergeschwindigkeit verhältnifsmäfsig grofs ist und, wie bereits auf Seite 255 des Jahrgangs 1896 dieser Zeitschrift unter Fall 3 angegeben ist, nach den Berechnungen bis auf annähernd 1 m ansteigt, während die Winkelgeschwindigkeit des Thores, besonders kurz vor dem Anschlagen an den Drempel, nur klein sein darf. Es mufste also bei der Anordnung der Schützöffnungen allein der Gröfse des Stofsdruckes wegen mehr auf die Wassergeschwindigkeit als auf die Thorgeschwindigkeit Rücksicht genommen werden. Da aber die Beanspruchung der Bewegungsvorrichtungen nicht nur von der Gröfse des Stofsdruckes, sondern vielmehr von dem Moment dieses Druckes abhängig ist und dieses desto gröfser wird, je weiter die geschlossene Thorfläche von der Wendesäule entfernt ist, so verbietet dieser Umstand geradezu die Verlegung der Schützöffnungen in die Nähe der Wendesäule und läfst die Anordnung der Oeffnungen in einer der Text-Abb. 195 ähnlichen Form als zweckmäfsig erscheinen.

Eine weitere Frage war noch die, ob es sich empfahl, die Gesamtöffnung der Schützen etwa nach der Text-Abb. 197 in mehrere Theile zu zerlegen. Es durfte angenommen werden, dafs sich bei dieser Anordnung der Stofs des Wassers vermindern würde, weil das Wasser nach verschiedenen Richtungen ausweichen kann. Anderseits aber war vorauszusetzen, dafs sich die Contraction in den kleineren Oeffnungen vermehren würde, und dafs selbst bei gleicher Gröfse der Schützenfläche eine Verringerung der durch die Oeffnungen abfliefsenden Wassermenge und somit eine Vermehrung des am Thor entstehenden Aufstaues eintreten würde. Wie später nachgewiesen werden wird, ist aber der durch den Aufstau auf die Thore ausgeübte hydrostatische Druck ganz erheblich gröfser als der hydraulische Stofsdruck, und deshalb mufste in erster Linie dafür Sorge getragen werden, dafs der hydrostatische Druck nicht unnütz vergröfsert wird, ganz abgesehen davon, dafs infolge der vermehrten Contraction weniger Wasser durch die Schützöffnungen abfliefst, also mehr Wasser zum Stofs kommt und damit auch der hydraulische Druck eine Vermehrung erfährt. Aufserdem sprechen aber auch noch Bedenken wegen der Beanspruchung und der Dichthaltung der Thore gegen die Theilung der Schützöffnungen in eine Anzahl wagerechter Streifen. Bei dem niedrigsten Wasserstande, der in Brunsbüttel die Höhenlage + 16,61 hat, würde ein erheblicher Theil der zwischen den Schützöffnungen befindlichen Schwimmkasten über dem Wasserspiegel liegen, damit ihren Auftrieb einbüfsen und einen erheblichen Wechsel in der Beanspruchung der einzelnen Thortheile herbeiführen. Diese wechselnden Beanspruchungen würden aber besonders auf die Dichtigkeit der Schwimmkasten von sehr ungünstigem Einflufs sein.

Alle diese Erwägungen führten dazu, den Sperrthoren die aus der photographischen Aufnahme (Text-Abb. 193) ersichtliche und in der Text-Abb. 198 dargestellte Form zu geben, bei der sämtliche Schützöffnungen über einem einheitlichen Schwimmkasten zu einer Oeffnung vereinigt sind, die nur durch die auch zur Führung und Unterstützung der Schütztafeln dienenden lothrechten Ständer getheilt ist. Da die Schützen zum Verschliefsen dieser Oeffnungen nach oben gezogen werden, so ist ein Einklemmen von Eisschollen oder sonstigen treibenden Gegenständen vollständig ausgeschlossen, weil diese von dem oberen Schützenrande in die Höhe genommen werden, sodafs sie von selbst abgleiten. Ein fernerer Vortheil dieser Anordnung besteht darin, dafs sich der Auftrieb mit dem wachsenden Wasserstande nur unerheblich ändert, weil dabei

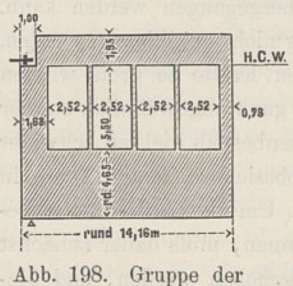


Abb. 198. Gruppe der Sperrthore.

aufser den Ständern nur eine etwas gröfsere Länge der Wende- und Schlagsäule eingetaucht wird, während der untere, ebenso wie die Säulen mit Luft gefüllte Schwimmkasten stets unter Wasser liegt, und der obere, über dem oberen Riegel gelegene Kasten sich je nach dem äufseren Wasserstande mit Wasser füllt oder entleert. Dieser obere Kasten dient als Schwimmkasten nur dann, wenn ein Thorflügel ausgewechselt und nach der Werkstatt geschafft wird. Der Eintritt des Wassers in den oberen Kasten erfolgt durch die Oeffnungen, die für den Durchgang der Ketten, mit denen die Schützen gehoben und gesenkt werden, in dem Stehblech des oberen Riegels und der einen Blechwand des Kastens angeordnet sind. Diese Oeffnungen sind mit Rothgufseinfassungen versehen, auf die ein Verschlufsdeckel aufgeschraubt werden kann.

Das geschlossene Thor bildet, wenn die Schützöffnungen frei sind, ein unvollständiges Wehr, bei dem oben gar keine Contraction stattfindet. Um diese auch unten und an den Seiten soweit wie möglich zu vermindern, ist die obere Begrenzungsfläche des unteren Schwimmkastens entsprechend abgerundet, und die Ständer haben eine Holzverkleidung erhalten, durch die sie Brückenpfeilern mit spitzen Vorköpfen ähnlich geworden sind. Die Spitzen der Vorköpfe sind zum besseren Schutz gegen Eis mit Eisenblech bekleidet. Infolge dieser Anordnungen konnte der Contractions-Festwerth bei der Berechnung der durch die Schützöffnungen abfliefsenden Wassermengen gröfser angenommen werden, als sonst zulässig gewesen wäre.

Das Gerippe der Sperrthore ist in ähnlicher Weise wie das der Ebbethore gebildet. Es besteht aus dem oberen Riegel, der Wendesäule, der Schlagsäule, drei lothrechten Ständern und dem unteren Riegel, der auch hier nur die Uebertragung der Kräfte von den Säulen und Ständern auf den Drempel vermittelt. Die Thore für Brunsbüttel und Holtenau sind fast vollständig gleich, der einzige Unterschied besteht darin, dafs auf dem oben auf den Thorflügeln befindlichen Laufstege in Brunsbüttel über der Wendesäule noch eine Treppe von vier Stufen angebracht ist, die zur Ueberwindung des Höhenunterschiedes zwischen dem Laufsteg und dem Schleusenmauerwerk bezw. der Abdeckung der Thornische dient. In Holtenau liegen die Oberkanten des Laufsteges und des Schleusenmauerwerks in gleicher Höhe; zur Ueberdeckung des Raumes zwischen dem Ende des Laufsteges und dem Schleusenmauerwerk ist auf den Bohlenbelag des ersteren eine kräftige Riffelblechplatte aufgeschraubt, die bis auf die Abdeckplatten der Schleuse hinüberreicht und über diese während der Bewegung der Thore hinschleift. Der obere Riegel liegt mit seiner Mitte in Brunsbüttel auf der Höhe + 19,99 und dementsprechend in Holtenau auf + 20,39, sodafs die Schützöffnungen auch bei dem höchsten Wasserstande, bei dem die Sperrthore in Benutzung kommen, das ist der Wasserstand von + 20,27 in Holtenau, nach oben hin noch eben frei sind. Sie können infolge dessen durch treibendes Eis nicht leicht versetzt werden. Eine noch höhere Lage des oberen Riegels, die aus diesem Grunde wohl erwünscht gewesen wäre, konnte nicht erreicht werden, weil der Fufsboden der im Schleusenmauerwerk ausgesparten Kammern, in denen die Kraftmaschinen und die Antriebsvorrichtungen für die Sperrthore aufgestellt sind, in Holtenau auf der Höhe + 20,07 liegt, sodafs die Mitte des oberen Riegels und somit des an ihm angebrachten Stemmdrucklagers bereits bei der gewählten Höhenlage über der Fufsbodenoberkante liegt.

Bei der Wahl des Querschnittes des oberen Riegels waren dieselben Erwägungen mafsgebend wie bei den Ebbethoren, und dementsprechend wurde auch hier der Querschnitt unsymmetrisch gemacht. Die Text-Abb. 199 zeigt den Riegelquerschnitt in der Thormitte. Der mit den Deckplatten versehene Gurt befindet sich auf der Thorseite, die bei der Benutzung des Thores dem höheren Wasserstande zugekehrt ist.

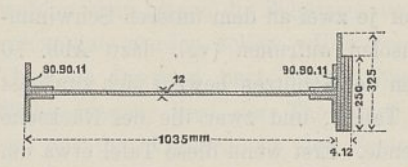


Abb. 199. Querschnitt des oberen Riegels der Sperrthore in der Thormitte. 1 : 25.

Die Abmessungen des oberen Riegels und ebenso die der übrigen Theile des Thorgerippes sind unter der Annahme berechnet, dafs vor und hinter dem Thor Wasserstandsunterschiede von 1,4 m auftreten können. Da dieser Wasserstandsunterschied nur durch das Abfallen der Ebbe auf der Rückseite des Thores und das gleichzeitige Ansteigen des Canalwasserstandes auf der Vorderseite des Thores entsteht, so erscheint die Annahme von 1,4 m hoch. Ein solcher Wasserstandsunterschied wird auch unter gewöhnlichen Verhältnissen nie eintreten; es kann jedoch besonders in Brunsbüttel vorkommen, dafs sich das Schliefsen der Ebbethore aus irgend welchen Gründen etwas verzögert, und dann würden die Sperrthore einen höheren Wasserdruck aufzunehmen haben, als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Sie sollten auch in einem solchen Falle noch genügende Sicherheit bieten, selbst wenn die Ebbe ungewöhnlich schnell abfällt.

Die Wendesäule und ebenso die an ihr in Höhe des oberen und unteren Riegels befestigten Stemmdrucklager haben im wesentlichen dieselbe Anordnung erhalten wie bei den Ebbethoren. Da der zu der Wendesäule gehörige Ständer aber ebenso wie die übrigen Ständer als Stütze der Schützen dient, mufste er ganz an das der Thormitte zugekehrte Ende der Säule gerückt werden. Die Schlagsäule hat einen kastenartigen Querschnitt erhalten, der aus den Abb. 2, 4, 5 und 6 Bl. 31 u. 32 zu ersehen ist. Auch bei ihr dient der der Thormitte zugekehrte Ständer zur Führung und Unterstützung der Schützen und ist deshalb auf dieser Seite ebenso ausgebildet wie die sogleich zu besprechenden Mittelständer. Die vier Wände des Kastens bestehen durchweg aus zwei Blechen und sind unter einander durch wagerechte Bleche und Winkel abgesteift. Sämtliche Versteifungsbleche haben einen grofsen kreisförmigen Ausschnitt, durch den eine Leiter zum Besteigen der Schlagsäule führt. Der Zugang zur Schlagsäule findet vom Inneren des oberen Schwimmkastens aus durch eine mit einem dichten Deckel verschliefsbare Einsteigeöffnung statt.

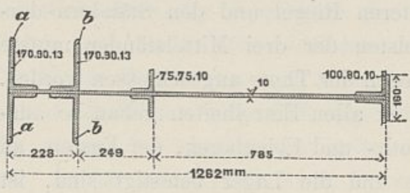


Abb. 200. Querschnitt der Mittelständer. 1 : 25.

Die drei Mittelständer haben den in der Text-Abb. 200 dargestellten Querschnitt erhalten. Der mit der Deckplatte versehene Gurt befindet sich auf der Thorseite, die bei der

Benutzung der Thore dem höheren Wasserstande zugekehrt ist. Auf den breiten Schenkeln der 170 × 90 × 13 mm grofsen Winkeleisen laufen die Rollen der Schütztafeln.

Die Höhe der Schützöffnung ist so grofs, dafs eine einzige Schütztafel nicht hinter dem unteren Schwimmkasten Platz gefunden haben würde. Infolge dessen sind zum Verschlufs der Oeffnung zwei Schütztafeln angeordnet, die zusammen die Höhe der Oeffnung haben und in ihrer unteren Stellung hintereinander stehend auf je zwei an dem unteren Schwimmkasten angebrachten Consolen aufruhen (vgl. dazu Abb. 10 Bl. 31 u. 32). Beim Heben der Schützen bewegt sich zunächst nur die eine der beiden Tafeln, und zwar die der Rückseite des Thores zunächst liegende. Erst wenn diese Tafel etwa um die Hälfte ihres Weges gehoben ist, greift ein an ihrer Unterfläche angebrachtes überstehendes Flacheisen unter ein gleiches an der oberen schmalen Fläche der vorderen Schütztafel befestigtes Flacheisen und nimmt nunmehr auch diese Tafel mit. Beim Senken der Schützen bewegen sich anfänglich beide Schützen. Das vordere Schütz wird dabei nur durch den Ueberschufs seines Gewichtes über den Auftrieb bewegt, während das hintere Schütz auch von den zu seiner Bewegungsvorrichtung gehörigen Ketten herabgezogen wird. Sollte aus irgend einem Grunde das Gewicht des vorderen Schützes nicht genügen, um es zum Herabsinken zu bringen, so bleibt es während des Niedergehens des hinteren Schützes so lange in seiner oberen Stellung, bis das bereits erwähnte, an der Unterfläche des hinteren Schützes angebrachte Flacheisen gegen ein an der Unterfläche der vorderen Schütztafel angebrachtes Flacheisen drückt und dadurch das Schütz zum Niedergehen zwingt. Dem Wege, den die Schütztafeln zurückzulegen haben, entsprechend erstrecken sich die in der Text-Abb. 200 mit *a* bezeichneten Winkeleisen über die ganze Höhe zwischen den Consolen, auf denen die Schützen in ihrer unteren Stellung ruhen, und dem den Schützenhub nach oben begrenzenden, am oberen Riegel befestigten und aus den Abb. 8 bis 10 Bl. 31 u. 32 ersichtlichen eichenen Schutzholz. Die mit *b* bezeichneten Winkeleisen reichen dagegen nur bis etwas über die Hälfte der Höhe der freien Schützöffnung. Die Gestalt der Ständer und ihre Verbindung mit dem oberen und unteren Riegel ist am besten aus der Abb. 9 Bl. 31 u. 32 zu ersehen. In dieser sind auch die Versteifungen des Stehbleches der Ständer durch doppelseitige aufgenietete Bleche von 13 mm Stärke, sowie die Stöfse des Stehbleches und die Verbindung der den unteren Schwimmkasten bildenden Bleche mit dem unteren Riegel und den Ständern dargestellt. An den mittelsten der drei Mittelständer mufste die Zahnstange zum Bewegen der Thore angeschlossen werden. Der Anschlufs selbst ist in allen Einzelheiten genau so ausgebildet wie bei den Fluth- und Ebbethoren, der Kasten, an dem die Gufsstahlträger und die Lager befestigt sind, ist aus den Abb. 1, 4 und 10 Bl. 31 u. 32 und auch aus der Text-Abb. 193 zu ersehen.

Der untere Riegel besteht aus einem Blechträger, dessen 12 mm starkes Stehblech gegen den Wasserdruck durch doppelte Winkeleisen kräftig versteift ist. Die Gurtwinkel sind 90 × 90 × 11 mm stark. Deckplatten haben die Gurte des Riegels nicht erhalten, dagegen reichen die untersten Bleche der Schwimmkastenhaut über die Gurtwinkel hinweg. An dem dem Drempel zugekehrten Gurt des Riegels ist eine aus Eichenholz bestehende Dichtungsleiste und an dem vorderen Gurt eine Schutzleiste genau in derselben Weise wie bei den Ebbethoren angebracht. An der Schlagsäule ist das Riegelstehblech durch zwei, an der Wendesäule durch vier Blechplatten verstärkt. Der ganze Riegel hat im Thor-Innern eine im Mittel 12 cm starke Abdeckung mit einer Sandbetonschicht erhalten. Diese hat Gefälle nach der Wendesäule zu, wo sich der Pumpensumpf für den auch in den Sperrthoren zur Beseitigung des Schwitz- und Sickerwassers aufgestellten Wasserheber befindet. Der Betonschlag ist auf Bl. 31 u. 32 nicht dargestellt, er ist in derselben Weise ausgeführt wie bei den Ebbe- und Flutthoren.

Der untere Schwimmkasten ist aus 11 mm starken Blechen hergestellt, nur die den oberen Abschlufs bildenden, zwischen die Ständer bezw. die Ständer und die Wende- und Schlagsäule eingebauten gekrümmten Bleche haben 12 mm Stärke erhalten, um den auf sie etwa einwirkenden Stöfsen gegenüber widerstandsfähiger zu sein. Der unterste Theil der Blechhaut wird auf jeder Thorseite durch von der Wendesäule bis zur Schlagsäule in einer Ebene liegende, auf der Mitte jedes Ständers gestofsene Bleche mit wagerechter Längserstreckung gebildet. Auf der hinteren Thorseite reichen diese Bleche bis zu dem Punkte hinauf, wo die Breite des Schwimmkastens verringert wird, um den für die beiden Schütztafeln erforderlichen Raum zu gewinnen; auf der Vorderseite haben sie annähernd dieselbe Höhe. Die nach oben hin folgenden Bleche haben eine lothrechte Längserstreckung. Zwischen zwei Mittelständern und ebenso zwischen einem Mittelständer und einer Säule befinden sich drei Bleche, von denen das mittlere an beiden Längsseiten soweit über die seitlichen Bleche hinwegreicht, dafs die Bleche durch eine Nietreihe mit einander verbunden werden konnten. Auf der vorderen Thorseite liegen die seitlichen Bleche bündig mit den unteren Längsblechen, und die Stofsfuge ist durch eine Lasche gedeckt, auf der hinteren Thorseite sind die in ihrem unteren Theil nach einem Viertelkreis gebogenen Bleche mit dem wagerechten Schenkel eines Winkeleisens vernietet. Dieses Winkeleisen stellt die Verbindung zwischen den unteren wagerechten und den oberen senkrechten Blechen her. Für die mittleren Bleche mufsten an den entsprechenden Stellen Futterstücke vorgesehen werden. Die oberen gekrümmten Abschlufsbleche des unteren Schwimmkastens gehen von Ständer zu Ständer ohne Stofs durch. Ihre Verbindung mit den Ständern und den übrigen Hautblechen ist aus den Abbildungen auf Bl. 31 u. 32 ausreichend deutlich zu ersehen. Zur Aussteifung der Haut des unteren Schwimmkastens sind zwischen die Ständer bezw. die Ständer und Wende- und Schlagsäule wagerechte ⌐L-Eisen (N.-Pr. Nr. 14) eingebaut. Da diese Träger bei der grofsen Entfernung der Ständer zu schwach sind, um den grofsen, einem Wasserstande von + 25,50 entsprechenden Wasserdruck aufzunehmen, sind die an den beiden Thorseiten in gleicher Höhe liegenden Träger durch vier wagerechte Winkeleisen mit einander verbunden, und die Träger sind als Balken auf sechs Stützen berechnet. Die zwischen den Trägern liegenden langgestreckten Felder der Thorhaut sind durch lothrechte Winkel, die mit den Trägern und den wagerechten Winkeln theils durch Eckbleche, theils durch Anschlufswinkel verbunden sind, ausgesteift, sodafs die Thorhaut dem Wasserdruck gegen-

über in eine grofse Anzahl kleiner rechteckiger Flächen getheilt ist.

Der obere Schwimmkasten hat nur verhältnifsmäfsig geringfügige Kräfte aufzunehmen, da er beim Thorbetriebe oder während des Liegens der Thore in ihren Nischen einen Wasserdruck irgend welcher Art nicht empfängt und nur beim Ueberführen der ein- oder auszuwechselnden Thorflügel von den Schleusen nach der Betriebswerkstatt bei Rendsburg oder dem Liegeplatz der Ersatzthore, der sich auf dem südlichen Canalufer der Werkstatt gegenüber befindet, in seiner Eigenschaft als Schwimmkasten in Wirksamkeit tritt. Die Ausbildung des oberen Schwimmkastens geht aus den Abbildungen auf Bl. 31 u. 32 hervor. Er ist durch ein in seiner Decke angebrachtes, mit einem Deckel verschliefsbares Mannloch zugänglich; von ihm aus gelangt man durch Mannlöcher, die beim Thorbetriebe geschlossen gehalten werden, wie bereits früher angegeben, in die Schlagsäule und ebenso in die Wendesäule und von den beiden Säulen in den unteren Schwimmkasten. Auch bei den Sperrthoren war darauf Bedacht genommen, dafs auf der Baustelle möglichst wenig Nietarbeit auszuführen war. Deshalb waren in die Wende- und die Schlagsäule etwa 40 cm unter dem oberen und 80 cm über dem unteren Riegel Stöfse eingelegt. Die zwischen diesen Stöfsen liegenden Theile der Säulen kamen in einem Stück nach der Baustelle, ebenso der obere Riegel mitsamt dem oberen Schwimmkasten und den anschliefsenden Theilen der Wendesäule und der Schlagsäule und der untere Riegel. An diesem waren die unteren Bleche des unteren Schwimmkastens, sowie die unteren Theile der beiden Säulen und die der Ständer bis zu den aus den Abb. 1 u. 9 Bl. 31 u. 32 ersichtlichen Stöfsen bereits im Werk angenietet. Da auch die drei Ständer von ihrem Anschlufs an den oberen Riegel bis zu dem oben erwähnten Stofs je in einem Stück auf die Baustelle kamen, so war dort aufser dem Zusammenbau des Thorgerippes im wesentlichen nur der untere Schwimmkasten herzustellen und das Anpassen der Dichtungs- und Schutzleisten, sowie der Stemmkörper zu bewirken.

In der Wendesäule ist der Wasserheber zum Lenzen des Thorflügels aufgestellt. Die Rohrleitungen desselben sind sehr einfach, da mit ihm nur das sich oberhalb des unteren Riegels ansammelnde Wasser von Zeit zu Zeit zu entfernen ist. Ebenso einfach ist auch die Lüftungsanlage. Der Ventilator ist im oberen Schwimmkasten untergebracht, von ihm führt nur ein Rohr nach der Schlagsäule. In dieses Rohr ist dicht am Ventilator ein Hahn eingebaut, der gewöhnlich geschlossen ist, damit das Wasser bei höheren Wasserständen nicht durch den Ventilator in das Thor-Innere gelangen kann. Die bei den Ebbe- und Fluththoren vorhandenen Rohre, durch die Luft in die einzelnen Kammern des Thor-Innern einströmen kann, wenn sich diese von Wasser entleeren oder zu besonderen Zwecken entleert werden, brauchten bei den Sperrthoren nicht vorgesehen zu werden, weil das Thor-Innere mit Ausnahme des oberen Schwimmkastens stets mit Luft gefüllt sein soll und die Luft aus dem oberen Schwimmkasten durch die Einsteigeöffnung, die beim Thorbetriebe nicht verschlossen wird, entweichen und auch einströmen kann.

Das Spurlager und der Halszapfen, sowie seine Lagerung und Verankerung stimmen im wesentlichen mit den dem gleichen Zweck dienenden Theilen an den Fluth- und Ebbethoren überein, sodafs hier nichts weiter darüber zu sagen ist. Die Dichtungsleiste an der Wendesäule ist ebenso wie bei den Ebbethoren angeordnet, dasselbe ist mit den Schutzleisten auf der Vorderseite des oberen und unteren Riegels der Fall. Die eichene, bereits oben erwähnte Leiste am oberen Riegel, die zur Begrenzung des Schützenhubes dient, ist so mit dem Thor verbunden, dafs sie leicht abgenommen werden kann, wenn die Schützen aus ihren Führungen herausgenommen werden sollen. Ihre Vorderfläche ragt, wenn das Thor am Drempel liegt, 15 cm über die Drempelanschlagsfläche hinaus; liegt der Thorflügel in der Nische, so liegt sie mit der Vorderflucht des Schleusenmauerwerks bündig. Dieses hat seinen Grund darin, dafs der Mittelpunkt der Wendenische bei den Sperrthoren 60 cm hinter der Vorderflucht der Schleusenmauern, aber ebenso wie bei den Ebbe- und Fluththoren nur 45 cm von der Drempelanschlagsfläche entfernt liegt. Die drei mittleren Ständer und ebenso die Ständer der Wende- und Schlagsäule haben in ihrem oberen Theil Schutzleisten erhalten, die mit der Vorderflucht der Schleusenmauern abschneiden. Die Leisten hören etwa in der Höhe auf, in der der untere Schwimmkasten nach oben hin endigt; sie sind nicht weiter hinuntergeführt, weil der Querschnitt der Seeschiffe so gestaltet ist, dafs die gröfste Breite entweder über der Wasserlinie oder doch nur wenig darunter liegt, weil also nicht zu befürchten ist, dafs die Ständer in gröfserer Tiefe unter dem niedrigsten Wasserstande, bei dem noch geschleust wird, Stöfse aufzunehmen haben. Von der Holzbekleidung der Ständer innerhalb der Schützöffnungen und von dem Zweck derselben ist bereits oben gesprochen worden, die Abb. 1 u. 4 Bl. 31 u. 32 zeigen die Einzelheiten. In den Abb. 9 und 10 ist die Bekleidung nicht dargestellt, damit die Ausbildung der Ständer besser zu ersehen ist.

Jede Schütztafel besteht aus elf hochkantig aufeinander gestellten, 14 cm starken eichenen Bohlen, die durch vier kräftige Schraubenbolzen zu einem Ganzen verbunden werden. An den beiden Hirnseiten der Bohlentafeln sind je sechs Laufrollen aus Gufsstahl in der aus den Abb. 11 bis 15 Bl. 31 u. 32 dargestellten Weise angebracht. Die Laufrollen sind mit Pockholz ausgebuchst und drehen sich um die fest angeordneten Achsen. Die beiden seitlichen Schraubenbolzen zum Zusammenhalten der eichenen Bohlen endigen bei der hinteren Schütztafel oben in Augen. An diesen Augen waren bei der Inbetriebnahme der Sperrthore die calibrirten Ketten zum Heben und Senken der Schützen mit Schäkeln angebracht. Die Ketten führen von dort lothrecht bis zu je einer Kettennufs in die Höhe, die in eine wagerechte, in einem Ausschnitt des oberen Schwimmkastens gelagerte Triebwelle eingebaut ist. In der Abb. 10 Bl. 31 u. 32 ist diese Welle mit ihrer Lagerung dargestellt. Den vier Schützen mit je zwei Ketten entsprechend befinden sich in der Welle, die von den in den Maschinenkammern der Schleusen aufgestellten Motoren in später eingehend zu beschreibender Weise angetrieben wird, acht Kettennüsse. Die Ketten sind um die Nüsse gelegt, führen dann in den oberen Schwimmkasten hinein, daselbst über je eine Ablenkrolle, dann durch eine in dem Stehblech des oberen Riegels angeordnete Oeffnung senkrecht hinunter zwischen dem vorderen Schütz und der hinteren Fläche des

unteren Schwimmkastens bis zu einer unterhalb der Schützen angeordneten und am Thor gelagerten Wenderolle und, sich an die untere Hälfte des Umfanges der Rolle anlegend, endlich wieder senkrecht bis zum Anschlufs an den unteren Theil des hinteren Schützes in die Höhe. Der Verlauf der Ketten und ebenso die Lage der Ablenkrolle und der Wenderolle ist ebenfalls aus der Abb. 10 Bl. 31 u. 32 zu ersehen. Zum Heben der Schützen mufs danach die Triebwelle derartig gedreht werden, dafs die Kettennüsse die Kettentheile, die oben an dem hinteren Schütz befestigt sind, einwinden. Die hinter der Kettennufs ablaufende Kettenlänge verlängert dabei den Theil der Kette, der sich zwischen der Nufs und dem Anschlufs der Kette unten an dem Schütz befindet, genau um dasselbe Mafs, sodafs dieser Theil der Kette das Heben des Schützes nicht hindert. Beim Senken der Schützen mufs die Triebwelle die umgekehrte Drehrichtung erhalten. Sie windet dann den Kettentheil ein, der unten am Schütz befestigt und über die Wenderolle nach oben geführt ist, und sie läfst den oben am Schütz befestigten Kettentheil ablaufen.

Vorbedingung für eine gute Wirksamkeit dieser Einrichtung ist, dafs sämtliche Kettennüsse eines Sperrthorflügels bei jeder Umdrehung genau dieselbe Kettenlänge einwinden, und dafs ferner wenigstens die beiden zu einer Schützöffnung gehörigen Ketten sowohl in ihrer Gesamtlänge wie auch in der Länge der einzelnen Kettenglieder so genau mit einander übereinstimmen, dafs ein Schiefstellen der Schützen und damit ein Klemmen der Schützen in ihren Führungen ausgeschlossen ist. Trotzdem die Ketten aus den besten deutschen Werkstätten bezogen wurden, waren sie bei der Anlieferung schon etwas ungleich und diese Ungleichheit nahm beim Betriebe schnell sehr erheblich zu. Die Folge davon war, dafs schon nach wenigen Hebungen der Schützen starkes Klemmen eintrat. Dadurch wurden die Ketten wieder ungleich beansprucht und reckten sich infolge dessen auch ungleich, und sehr bald wurden die durch das Klemmen auftretenden Widerstände so grofs, dafs die Ketten brachen. In den ersten Monaten nach der Inbetriebnahme der Sperrthore waren gebrochene Schützketten an der Tagesordnung, sodafs es sich als nothwendig erwies, hierin Wandel und ausreichende Abhülfe zu schaffen. Zu dem Zweck wurden oben an dem hinteren Schütz die beiden in der Abb. 11 Bl. 31 u. 32 dargestellten Rollen angebracht und die beiden Schützketten zu einer vereinigt. Diese Kette ist an der einen der beiden unteren Anschlufsstellen am Schütz angebracht, führt dann über die Wenderolle und die Ablenkrolle nach der ersten Kettennufs, von dieser zur zugehörigen, oben am Schütz befestigten Rolle, von dort zu der zweiten Rolle und weiter über die zweite Kettennufs und die zugehörige Ablenk- und Wenderolle zu dem zweiten Anschlufspunkt unten am Schütz. Diese Abänderung hat sich derartig bewährt, dafs Kettenbrüche nur noch selten vorkommen. Bei den Fluth-Sperrthoren in Holtenau liefs sie sich nicht zur Anwendung bringen, weil sie zwischen der Oberkante des oberen Schützes und dem Schutzbalken am oberen Riegel einen freien Raum von etwa 40 cm Höhe erfordert, der dort nicht zur Verfügung steht. Infolge dessen mufste hier die alte Einrichtung beibehalten werden. Durch besonders sorgfältige Auswahl der Ketten und durch vorheriges Recken derselben ist es jedoch auch bei diesen Thoren gelungen, eine ausreichende Betriebssicherheit der Schützen zu erzielen.

Beim Schliefsen eines Thores mit einer Strömung nimmt nach den oben erörterten Versuchen an der Entwässerungsschleuse des Bütteler Canals der auf das Thor wirkende Wasserdruck zu, je mehr sich die Thorflügel dem Drempel nähern, und erreicht sein Höchstmafs in dem Augenblick, in dem die Durchströmungsöffnung ganz abgeschlossen wird. Die Bewegungs- bezw. Rückhaltevorrichtungen der Sperrthore liefsen sich diesen Verhältnissen dadurch sehr leicht anpassen, dafs neben der wie bei den übrigen Thoren angeordneten Zahnstange noch eine Rückhaltekette vorgesehen wurde, deren eines Ende mit dem Schleusenmauerwerk fest verbunden ist, während das andere Ende an dem der Schlagsäule zunächst stehenden Mittelständer angreift. Die Kette ist in der Mitte durch ein Gewicht belastet, ihre Länge so bemessen, dafs sie, wenn der Thorflügel am Drempel liegt, $\frac{1}{20}$ ihrer Länge als Durchhang hat. Dabei hängt die Kette, wenn das Thor geöffnet ist, mit dem Gewicht in einer Nische, die dafür im Schleusenmauerwerk ausgespart ist. Durch die Vergröfserung des Gewichtes ist man in der Lage, auf die Thorflügel in dem Augenblick, in welchem sie sich an den Drempel legen, fast jede beliebige Kraft auszuüben, und infolge dessen war es angängig, dieses Gewicht bei der Entwurfbearbeitung so zu bestimmen, dafs es unter allen Umständen schwer genug sein mufste, um jedes harte Anschlagen der Thorflügel an die Drempel zu verhindern. Dazu war nur nöthig, dafs man sowohl den durch den Stofs des Wassers auf das plötzlich stillstehende Thor ausgeübten Druck wie auch den infolge des vor dem Thor eintretenden Anstaues entstehenden Wasserdruck berechnete und das Gewicht unter der Annahme bestimmte, dafs diese beiden Druckkräfte gleichzeitig in voller Höhe auf die Thorflügel einwirken.

Die Berechnung des hydraulischen und des hydrostatischen Staues erfolgte in folgender Weise: Der hydraulische Druck P eines Wasserstrahles, der unter dem Winkel α gegen eine Ebene trifft und, wie in der Text-Abb. 201 angegeben ist, nur nach einer Seite ausweichen kann, ist nach den hierfür als gültig angesehenen Anschauungen

$$P = (1 - \cos \alpha) \cdot \frac{v - c}{g} \cdot Q \cdot \gamma.$$

In dieser Formel bedeutet: Q die Wassermenge, die in der Zeiteinheit zum Stofs kommt, γ das Gewicht der Einheit des Wassers, v die Geschwindigkeit des Wassers, c die Geschwindigkeit der gestofsenen Fläche, die für den vorliegenden

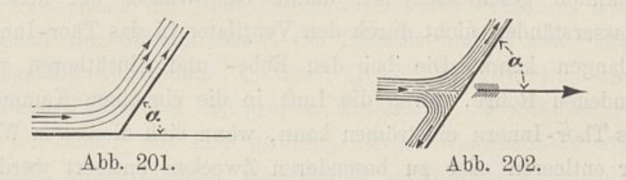


Abb. 201. Abb. 202.

Fall zu Null anzunehmen ist, und g die Beschleunigung durch die Anziehungskraft der Erde = 9,81 m. Kann das Wasser nach zwei Seiten ausweichen, wie in der Text-Abb. 202, dann ist

$$P = \sin^2 \alpha \cdot \frac{v - c}{g} \cdot Q \cdot \gamma.$$

Die gröfste Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers in den Brunsbütteler Schleusen ist nun nach den früher er-

wähnten Berechnungen rund 1 m in der Secunde und tritt bei einem Wasserstande von + 18,50 ein, bei dem die gestofsene Fläche jedes Thorflügels rund 79,5 qm grofs ist, während der Schwerpunkt der Fläche nach den hierfür angestellten Sonderberechnungen 6,32 m von der Drehachse der Thorflügel entfernt liegt. Es ist also die Wassermenge, die in einer Secunde zum Stofs kommt, $79{,}5 \cdot 1{,}0 = 79{,}5$ cbm und die Arbeit derselben 79,5 tm, ferner ist

$$\frac{v-c}{g} = \frac{1}{9{,}81}$$

und, wenn α der Sicherheit wegen gleich 90^0 angenommen wird, der infolge des Wasserstandes entstehende hydraulische Druck in den beiden oben angenommenen Fällen gleich und zwar

$$P = \frac{79{,}5}{9{,}81} = 8{,}11 \text{ t.}$$

Die hydraulische Druckhöhe ergiebt sich somit zu

$$\frac{8{,}11}{79{,}50} = 0{,}102 \text{ m}$$

und das Moment des hydraulischen Drucks zu

$$8{,}11 \cdot 6{,}32 = \text{rund } 51{,}3 \text{ tm.}$$

Wenn durch die Schützöffnungen im Thor nur diejenige Wassermenge abzufliefsen hätte, die an der Thorfläche zum Stofs kommt, so würde die Spannung der Zahnstangen und der Rückhalteketten allein dem soeben berechneten Moment entsprechen. In Wirklichkeit strömt aber mehr Wasser durch die Schleusen, und dieses Wasser, das fast ausschliefslich über dem stofsenden Wasser fliefst, mufs von dem letzteren verdrängt werden, was nur möglich ist, wenn es in die Höhe gehoben wird. Die dabei geleistete Arbeit mufs von den Thorflügeln, sowie den Zahnstangen und Rückhalteketten noch aufser dem hydraulischen Stofs aufgenommen werden. Die Höhe, bis zu der der Wasserspiegel an den Thoren durch das nach dem Stofse ausweichende Wasser ansteigen kann, läfst sich aus der Druckhöhe berechnen, die erforderlich ist, um die Geschwindigkeit des ankommenden Wassers in den Schützöffnungen der Thorflügel soweit zu erhöhen, dafs das sämtliche, in der Zeiteinheit zufliefsende Wasser durch die Oeffnungen zum Abflufs gelangt. Bei dieser Berechnung wurde zur Sicherheit darauf verzichtet, die Umlaufcanäle der Schleusen zu berücksichtigen, vielmehr wurde angenommen, dafs die ganze Wassermenge durch die Schützöffnungen abfliefsen mufs.

Die Thore bilden Ueberfallwehre, und somit ist die von ihnen abgeführte Wassermenge (vgl. Hütte, 14. Aufl., S. 182)

$$Q = \tfrac{2}{3}\mu_1 \cdot b\sqrt{2g}\left\{(h_2+k)^{3/2} - k^{3/2}\right\} + \mu_2 \cdot b \cdot a \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h_2+k}.$$

In dieser Formel bedeutet:

Q die in der Zeiteinheit abfliefsende Wassermenge, das sind durch beide Schleusen in Brunsbüttel zusammen 420 cbm,

b die Breite des Wehres, oder bei vier Thorflügeln zu vier Schützöffnungen von je 2,525 m Lichtweite, $b = 16 \cdot 2{,}525 = 40{,}4$ m,

a den Abstand der Wehrkrone von dem Unterwasserspiegel, $a = 18{,}5 - 14{,}0 = 4{,}5$ m,

g die Beschleunigung durch die Anziehungskraft der Erde,

h_2 die Stauhöhe,

k die der Geschwindigkeit des dem Wehr zuströmenden Wassers entsprechende Fallhöhe, also $k = \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{19{,}62}$ m, und

μ_1 und μ_2 zwei Festwerthe.

Da die Zwischenständer des Thores wie Pfeiler mit spitzen Vorköpfen gebildet sind, so ist — entgegen den Angaben in der „Hütte“ — $\mu_1 = 0{,}954$, wie auf Seite 183 der „Hütte“ für Brückenpfeiler angegeben, also $\frac{2}{3}\mu_1 = 0{,}63$ gesetzt. Für μ_2 ist $\frac{0{,}62 + 0{,}83}{2} = 0{,}72$ angenommen. Hiernach ergiebt sich $h_2 = 0{,}4$ m.

Dafs ein Aufstau in dieser Höhe schon in demselben Augenblick eintritt, in dem die Thorflügel sich an den Drempel legen, war von vornherein nicht wohl anzunehmen, zumal der Rückstau, der durch das Heben des Wasserspiegels erzeugt wird, sofort eine Verminderung der Wassergeschwindigkeit und damit der zufliefsenden Wassermenge und der Stauhöhe h_2 selbst herbeiführen mufs. Trotzdem wurde der Aufstau in voller Höhe in die Berechnung des Gegengewichtes eingeführt. Der durch ihn auf das Thor ausgeübte Wasserdruck beträgt $79{,}5 \cdot 0{,}4 = 31{,}8$ t

und das Moment

$$31{,}8 \cdot 6{,}32 = \text{rund } 201 \text{ tm.}$$

Das Moment aus dem hydraulischen und dem hydrostatischen Druck ist somit zusammen gleich

$$51{,}3 + 201 = 252{,}3 \text{ tm.}$$

Aus diesem Moment ergab sich, dafs die angespannte Rückhaltekette neben der 20 t betragenden Spannung der Zahnstange eine Kraft von 18,5 t auf das Thor ausüben und das Gegengewicht 3700 kg schwer sein mufs.

Nach der Inbetriebnahme der Schleusen stellte es sich heraus, dafs die Gegengewichte zu grofs waren. Beim Schliefsen der Sperrthore ergaben sich dabei keine Uebelstände. Die Thore konnten zwar nicht ganz an den Drempel herangedreht werden, aber sie schlossen sich sehr bald, wenn die Schützen gehoben wurden und die auf die Thore wirkenden Wasserdruckkräfte sich infolge der Verkleinerung der Durchflufsöffnung vergröfserten. Dagegen wirkten die Gegengewichte beim Oeffnen der Thore im strömungslosen Wasser und zwar besonders beim Beginn des Oeffnens derartig auf die Beschleunigung der Thorbewegung, dafs die Antriebe der Zahnstangen, sowie die zugehörigen Uebersetzungen, Getriebe und Maschinen überaus starke Beanspruchungen, denen sie auf die Dauer nicht gewachsen sein konnten, erlitten. Deshalb wurden die Gegengewichte sehr bald auf die Hälfte verkleinert, was sehr leicht auszuführen war, weil sie in der Voraussicht, dafs sie zu verringern sein würden, aus einzelnen Platten gebildet worden waren.

Bei dem Betrieb der Sperrthore wird es nicht allzu schwierig sein, die bei dem Schliefsen der Thore in Strömungen von verschiedener Geschwindigkeit zur Wirksamkeit kommenden Kräfte, sowie die Art und den Verlauf der durch den Abschlufs der Strömung erzeugten Stauwelle durch Messungen und Beobachtungen festzustellen. Bisher sind Untersuchungen hierüber noch nicht angestellt worden, es steht aber zu hoffen, dafs es bald geschehen wird und dafs auch die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Veröffentlichung kommen werden.

4. Die Abdeckungen der Thornischen der Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau.

Die Nischen derjenigen Thore, bei denen nicht entweder die Thoroberkante oder die Handleisten der Geländer der Laufstege in gleicher Höhe mit der Oberkante des Schleusen-

mauerwerks liegen, sind derart abgedeckt, dafs die Vorderkante der Schleusenmauern im Grundrifs eine gerade Linie bildet. Hierauf wurde Gewicht gelegt, weil dadurch das Verholen der Trossen, mit denen die Schiffe in den Schleusen festgelegt werden, wesentlich erleichtert wird. In Brunsbüttel sind die Nischen der Ebbethore und der Sperrthore, in Holtenau die der Fluththore und der Ebbethore mit Abdeckungen versehen worden.

Die Abdeckungen mufsten so angeordnet werden, dafs sie leicht entfernt werden können, wenn die Nothwendigkeit hervortritt, einen der Schleusenthorflügel gegen einen Ersatzthorflügel auszuwechseln, und sie durften deshalb mit dem Schleusenmauerwerk nicht in feste Verbindung gebracht werden. Durch Anordnung von zwei kurzen Consolträgern, die im Querschnitt und im Grundrifs in den Text-Abb. 203 und 204 dargestellt sind, ergaben sich für jede Thornische drei Abdecktafeln. Die mittlere davon ruht auf den Consolen, während die beiden anderen Tafeln mit einem Ende auf einem Consol und mit dem anderen Ende auf den Abdeckplatten des Schleusenmauerwerks ihr Auflager finden. Zu diesem Zwecke sind diese Abdeckplatten mit einer der Höhe und der rechteckigen Form der Tafel entsprechenden Vertiefung versehen. Jede Tafel besteht aus einem Rahmen von ⊏-Eisen (N.-Pr. 22), der durch quergelegte Winkel (100 × 65 × 11 mm) in Entfernungen von etwa 850 mm versteift ist, und aus einer Decke von Riffelblech. Die Längs-⊏-Eisen des Rahmens sind, wie aus Text-Abb. 203 ersichtlich, mit eingelegten Eichenholzleisten versehen. Die Consolen bestehen aus 250 mm hohen I-Eisen mit 140 mm breiten Flanschen. Mit diesen Flanschen sind die End-Quer-⊏-Eisen der drei Tafeln verschraubt. Dabei mufsten die Schraubenlöcher an dem einen Auflager der mittleren Tafel länglich hergestellt werden, damit sich die Tafel bei Wärmeschwankungen, ohne Schubkräfte auf die Consolen auszuüben, verlängern oder verkürzen kann. Die Endtafeln können sich auf dem Schleusenmauerwerk entsprechend verschieben, während sie dort gegen seitliche Bewegungen durch Dorne, die in das Schleusenmauerwerk eingelassen sind und in Langlöcher der Abdeckungen eingreifen, gesichert sind. Da die Consolen ebenfalls entfernt werden müssen, wenn ein Thorflügel ausgehoben werden soll, so sind sie in die aus den Text-Abb. 203 und 204 ersichtlichen Kasten hineingesteckt, die den in der Text-Abb. 205 dargestellten Querschnitt haben. Die Consolen füllen den Innenraum dieser Kästen nicht aus, sie legen sich nur mit dem oberen Flansch gegen ein am hinteren Ende mit der Decke des Kastens vernietetes Lagerblech und ebenso am vorderen Ende gegen ein am Boden des Kastens angebrachtes Lagerblech. Damit die Kasten, die nicht tief unter der Oberkante des Schleusenmauerwerks liegen, infolge der Nutz- und Eigenlast der Nischenabdeckungen nicht aufkippen können, sind sie am hinteren Ende mit dem Mauerwerk verankert. Bei den Ebbethoren der Brunsbütteler Schleuse zeigen die Nischenabdeckungen einige Abweichungen von der soeben erörterten Anordnung. Hierauf ist bereits bei der Besprechung dieser Thore (S. 252) hingewiesen worden.

Abb. 203. Querschnitt.

Abb. 204. Wagerechter Schnitt.

Abb. 205. Querschnitt des Mauerkastens.

Abb. 203 bis 205. Abdeckungen der Thornischen.

5. Die Ausführung der Thore.

Die Entwürfe zu den Thoren wurden im Jahre 1891 und in den ersten Monaten des Jahres 1892 in der Kaiserlichen Canal-Commission bearbeitet und zwar soweit, dafs die Durchbildung der Thore und aller wichtigen Einzelheiten festgestellt, dagegen die Anordnung im einzelnen, z. B. die Vertheilung der Stöfse, der späteren Entscheidung überlassen wurde. Nachdem die soweit durchgearbeiteten Entwürfe genehmigt waren, wurde die Herstellung der Thore gegen Ende des Jahres 1892 öffentlich verdungen und der Zuschlag an die Actiengesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau, vormals J. C. Harkort, in Duisburg ertheilt.

Bei der Ausarbeitung der auf die Beschaffenheit der zu verwendenden Materialien bezüglichen Vertragsbedingungen wurden die Erfahrungen benutzt, die bei der Abnahme des Flufseisens für die Weichselbrücken in Dirschau und Fordon hinsichtlich der Eigenschaften der verschiedenen Flufseisensorten gemacht worden sind. Dementsprechend wurde sowohl Flufseisen, das im Martinofen auf basischem Herd erzeugt ist, wie auch in der mit basischem Futter versehenen Bessemer-Birne hergestelltes Flufseisen als bedingungsgemäfs anerkannt. Für die Abnahme wurde vorgeschrieben, dafs aus jeder Charge ein Probeblock zu giefsen und den folgenden Versuchen zu unterziehen sei:

1. einem Zerreifs- und Dehnungsversuch,
2. einem Warm- und einem Kalt-Biegeversuch,
3. einem Härteversuch,
4. einem Ausbreiteversuch.

Erst wenn das Flufseisen bei diesen Proben den später zu erörternden, für die Abnahme der Walzerzeugnisse mafsgebenden Vorschriften genügt hatte, wurden die aus der Charge gegossenen Blöcke zur weiteren Verarbeitung zugelassen. Dabei mufsten alle Blöcke und ebenso alle Walzerzeugnisse, die aus einer Charge hergestellt wurden, mit der gleichen Nummer versehen werden, damit jederzeit ohne Schwierigkeiten festzustellen war, zu welcher Charge die zur Abnahme vorgelegten Stücke gehörten. Von den fertigen Walzeisen wurden rd. 3 v. H. aller bei einer Abnahme vorgelegten Stücke, von jeder Charge aber wenigstens ein Stück, den weiteren Prüfungen unterworfen. Diese bestanden neben

den Besichtigungs- und Gewichtsproben zunächst in der Feststellung der Zugfestigkeit und der Dehnung besonders bearbeiteter Probestäbe. Hinsichtlich der Form und der Abmessungen der Probestäbe und ebenso hinsichtlich der bei der Ausführung der Versuche zu beobachtenden Regeln entsprachen die Vorschriften genau den bezüglichen Bestimmungen der mit dem Runderlafs des Königlichen Preufsischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 25. November 1891 bekannt gegebenen „Besonderen Vertragsbedingungen für die Anfertigung, Lieferung und Aufstellung von gröfseren zusammengesetzten Eisenconstructionen". Die Zugfestigkeit der Flacheisen, der Formeisen und der Bleche war zu mindestens 37 und zu höchstens 44 kg für das Quadratmillimeter Querschnittsfläche des Probestabes vorgeschrieben, und zwar sowohl in der Walzrichtung als auch quer zu dieser. Die Dehnung der 200 m langen Versuchsstäbe mufste nach dem Bruche wenigstens 20 v. H. betragen, wenn der Stab in der Walzrichtung gedehnt worden war, und wenigstens 16 v. H. beim Zerreifsen quer zur Walzrichtung. Das Product aus Dehnung in Hundertsteln und Zerreifsfestigkeit in Kilogramm für das Quadratmillimeter — die sogenannte Qualitätsziffer — mufsten bei Längsproben mindestens gleich 880, bei Querproben mindestens gleich 700 sein, aufserdem die Streckgrenze bei Längsproben wenigstens bei 24 und bei Querproben bei 22 kg für das Quadratmillimeter liegen. Für Nieteisen war eine Zugfestigkeit von wenigstens 35 und höchstens 40 kg, eine Qualitätsziffer von mindestens 960 und eine Streckgrenze nicht unter 25 kg vorgeschrieben.

Ferner mufsten Biegeversuche ausgeführt werden. Streifen von 30 bis 50 mm Breite, die aus den zu untersuchenden Stücken gleichlaufend mit der Walzrichtung entnommen waren, und ebenso Rund- und Vierkanteisen mufsten, kalt oder in kirschrothem Zustande gebogen, eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der halben Stärke des Versuchsstabes bilden können, ohne an der Biegungsstelle Risse im metallischen Eisen zu zeigen. Bei Querbiegeproben waren kleine Anrisse in der Oberfläche der Biegungsstelle, sofern sie nicht über die ganze Breite des Stabes durchliefen, zulässig. Solche Risse treten nämlich erfahrungsmäfsig auf, wenn die Biegung etwa 30 bis 40° beträgt, und sind unschädlich, wenn sie bei der weiteren Biegung annähernd dieselbe Breite und Tiefe beibehalten. Den eben beschriebenen Versuchen mufsten auch solche Versuchsstücke widerstehen, die im schwachrothglühenden Zustande in Wasser von 28° Celsius abgeschreckt worden waren. Endlich waren noch Stauch- und Streckversuche vorgeschrieben. Ein rothwarmer Flachstab von 30 bis 50 mm Breite mufste mit einer nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfimme bis auf das $2^1/_2$fache seiner ursprünglichen Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung zu zeigen, und ein Stück Rundeisen, dessen Länge doppelt so grofs war wie sein Durchmesser, sollte sich bis auf ein Drittel seiner Höhe zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu erhalten.

Bei der Abnahme des Flufseisens ist nicht in Erscheinung getreten, dafs die Herstellung des den obigen Bedingungen entsprechenden Materials den Hüttenwerken besondere Schwierigkeiten gemacht hat. Am Anfang der Abnahme wiesen allerdings einige Blockproben ungünstige Ergebnisse auf, und die betreffenden Chargen mufsten zurückgewiesen werden, späterhin sind aber solche Fälle nur ganz ausnahmsweise einmal vorgekommen.

Sämtliche Bleche und alle Flacheisen von mehr als 320 mm Breite sind aus Flufseisen gewalzt, das im Siemens-Martin-Ofen hergestellt worden ist, das gesamte übrige Material einschl. des Nieteisens ist jedoch im Thomas-Convertor erblasen.

Von jedem Blech, aus dem Probestäbe für die Zerreifs- und Dehnungsversuche entnommen wurden, ist sowohl eine Längs- als auch eine Querprobe zerrissen worden. Da die Bleche zum weitaus gröfsten Theil das $2^1/_2$ bis $3^1/_2$fache der Breite als Länge hatten, also eine ausgesprochene Walzrichtung besafsen, so boten die Zerreifsversuche Gelegenheit zur Prüfung der Frage, ob die Zugfestigkeit von aus weichem Flufseisen hergestellten Blechen quer und längs zur Walzrichtung gleich ist. Bei 311 Längsproben und ebensoviel Querproben ergab sich die mittlere Festigkeit sowohl für die Längs- wie für die Querproben zu 38,60 kg für 1 qmm Querschnittsfläche. Die Zusammenstellung, durch welche diese Zahl ermittelt wurde, hatte auf den einzelnen Seiten die folgenden Ergebnisse:

a) Längsproben.

50 Proben mit im Mittel je 37,83 kg Festigkeit,
58 „ „ „ „ „ 38,36 „ „
53 „ „ „ „ „ 39,14 „ „
54 „ „ „ „ „ 39,29 „ „
54 „ „ „ „ „ 38,35 „ „
42 „ „ „ „ „ 38,85 „ „
311.

b) Querproben.

50 Proben mit im Mittel je 37,80 kg Festigkeit,
58 „ „ „ „ „ 38,39 „ „
53 „ „ „ „ „ 39,32 „ „
54 „ „ „ „ „ 39,09 „ „
54 „ „ „ „ „ 38,46 „ „
42 „ „ „ „ „ 38,48 „ „

Höhere mittlere Festigkeiten zeigen also bald die Längsproben, bald die Querproben, und es darf als erwiesen angesehen werden, dafs bei den in der obigen Zusammenstellung berücksichtigten Blechen die Zugfestigkeit quer und längs zur Walzrichtung gleich grofs war. Der auffallende Umstand, dafs die mittlere Zerreifsfestigkeit der Bleche nur 38,60 kg, also nur 1,6 kg mehr als die in den Bedingungen vorgeschriebene Mindestfestigkeit betragen hat, während ein Spielraum von 7 kg zugelassen war, findet seine Erklärung darin, dafs ein nicht unerheblicher Theil der Bleche kalt gebogen oder gekümpelt werden mufste, und deshalb während der Abnahme auf die Hüttenwerke dahin eingewirkt wurde, dafs sie ein möglichst weiches Material lieferten.

Die mittlere Dehnung hat bei 307 Längsproben 28,49 v. H. der Stablänge und bei 309 Querproben 27,22 v. H. betragen, es ist also die Dehnung quer zur Walzrichtung geringer als längs derselben gefunden. Die Zusammenstellung, durch welche diese Zahlen ermittelt worden sind, hatte auf den einzelnen Seiten die folgenden Ergebnisse:

a) Längsproben.

50 Proben mit im Mittel je 28,35 v. H. Dehnung,
54 „ „ „ „ „ 27,43 „ „
53 „ „ „ „ „ 28,87 „ „

54 Proben mit im Mittel je 29,29 v. H. Dehnung,
54 „ „ „ „ „ 29,10 „ „
42 „ „ „ „ „ 27,74 „ „

b) Querproben.

50 Proben mit im Mittel je 27,22 v. H. Dehnung,
56 „ „ „ „ „ 27,05 „ „
53 „ „ „ „ „ 27,88 „ „
54 „ „ „ „ „ 27,05 „ „
54 „ „ „ „ „ 27,30 „ „
42 „ „ „ „ „ 26,74 „ „

Auf jeder einzelnen Seite der Zusammenstellung ergab sich also die Dehnung der Querproben kleiner, als die der Längsproben. Die mittlere Dehnung übertrifft das in den Bedingungen festgesetzte Mindestmafs recht erheblich, sie würde noch höher gefunden sein, wenn in der Zusammenstellung nur die Proben berücksichtigt worden wären, bei denen der Bruch in dem mittleren Drittel der Stablänge eingetreten ist. Dies konnte nicht geschehen, weil über die Bruchstelle keine Aufzeichnungen gemacht worden sind; es genügte dem abnehmenden Beamten, wenn die Dehnung bei einem Bruch aufserhalb des mittleren Drittels der Stablänge über dem vorgeschriebenen Mindestmafs lag und die Qualitätsziffer erreicht oder so nahezu erreicht war, dafs sie bei günstigerer Lage der Bruchstelle mit Sicherheit innegehalten worden wäre. Die niedrigste Dehnung ist bei einer Längsprobe, die nahe an dem einen der beiden Körnerpunkte gebrochen war, beobachtet worden und hat 21 v. H. der Stablänge betragen, während die Dehnung der Querproben nicht unter 22 v. H. herabgesunken ist. Die geringste Qualitätsziffer ergab eine Querprobe und zwar 825.

Chemische Untersuchungen der Chargen und der Walzerzeugnisse wurden bei der Abnahme nicht vorgenommen, der Unternehmer war jedoch verpflichtet, dem abnehmenden Beamten Kenntnifs von den Ergebnissen der seitens der Hüttenwerke ausgeführten Analysen zu geben und ihn auf Verlangen der Ausführung der Untersuchungen im Laboratorium beiwohnen zu lassen. In den Chargen, aus denen die zu den oben näher besprochenen Zerreifs- und Dehnungsproben verwandten Bleche hergestellt worden sind, wurden Mangan, Kohlenstoff und Phosphor in den folgenden Antheilverhältnissen gefunden:

	Mangan v. H.	Kohlenstoff v. H.	Phosphor v. H.
Höchster Antheil . . .	0,630	0,109	0,052
Mittlerer „ . . .	0,460	0,080	0,032
Niedrigster „ . . .	0,330	0,067	0,016

Die Versuche mit Nieteisen, das aus 23 verschiedenen Thomas-Chargen hergestellt war, ergaben:

für 1 qmm Querschnittsfläche

die niedrigste Streckgrenze zu . . . 25,1 kg
„ mittlere „ „ . . . 26,1 „
„ höchste „ „ . . . 26,8 „
die geringste Zerreifsfestigkeit zu . . 36,3 kg
„ mittlere „ „ . . 37,2 „
„ höchste „ „ . . 38,9 „

die geringste Dehnung zu 29,0 v. H. der Stablänge,
„ mittlere „ „ 31,7 „ „ „
„ höchste „ „ 35,0 „ „ „
die niedrigste Qualitätsziffer zu 1070,
„ mittlere „ „ 1177 und
„ höchste „ „ 1288.

Die ersten Eisentheile, die von der Unternehmerin nach der Baustelle geliefert wurden, waren die Verankerungen der Thorflügel, die gleichzeitig mit dem Aufführen der Schleusenmauern eingebaut werden mufsten und in den Monaten Mai bis Juli 1893 eingemauert wurden. Im August begann dann sowohl in Brunsbüttel als auch in Holtenau die Aufstellung der Gerüste für den Zusammenbau der Thore. Nach dem von der Unternehmerin ausgearbeiteten und seitens der Bauverwaltung genehmigten Bauplane sollten sämtliche Thorflügel eines Schleusenhauptes, also am Aufsenhaupt und am Binnenhaupt je vier Fluththor- und vier Ebbethorflügel und am Sperrthorhaupt acht Sperrthorflügel, gleichzeitig zusammengebaut werden, und es war beabsichtigt, mit einem Satz Gerüste für jede der beiden Schleusenanlagen in Brunsbüttel und Holtenau zunächst die Thore an den Aufsenhäuptern, dann die Thore an den Binnenhäuptern und schliefslich die Sperrthore fertig zu stellen. Dasselbe Gerüst sollte also dreimal benutzt werden, wobei es allerdings der niedrigeren Höhenlage der Sperrthorhäupter wegen einmal umgebaut werden mufste. Es gelang jedoch nicht, diese Absicht durchzuführen, vielmehr mufste in Rücksicht auf die gebotene Beschleunigung der Aufstellung der Thore sowohl für Brunsbüttel wie auch für Holtenau noch ein weiteres halbes Gerüst beschafft werden.

Für die Anordnung und die Bauart der Gerüste war der Vorgang bei dem Zusammenbau der Thorflügel mafsgebend. Der unterste Riegel wurde auf der Sohle der Thorkammern derartig verlegt, dafs die Längsachse des Riegels mit einer durch den Mittelpunkt des Spurzapfens gelegten geraden Linie zusammenfiel, die Wendesäule aber einen Abstand von etwa 1 m von der Wendenische hatte und der Riegel 100 mm höher gelagert war, als seiner endgültigen Stellung entspricht. Auf dem untersten Riegel wurden die Thorflügel aufgebaut. Ihre ganze Last ruhte also auf der Schleusensohle, während die Gerüste nur die wagerechten Kräfte aufzunehmen hatten, die durch den Widerdruck oder infolge sonstiger auf das Umfallen der hohen Thorflügel wirkenden Ursachen entstanden. Aufserdem dienten sie zum Tragen der Laufkrähne, mit denen die einzelnen Theile der Thore nach ihrer Verwendungsstelle geschafft wurden, und sie boten überdies einen Uebergang über die Schleusen für die bei den Aufstellungsarbeiten beschäftigten Werkleute. Neben den Hauptgerüsten wurden noch kleinere Arbeitsgerüste benutzt, durch die jede Stelle der Thore für die Hand der Arbeiter erreichbar gemacht wurde.

Die Hauptgerüste bestanden — wie die Text-Abb. 206 zeigt — aus drei symmetrisch zur Achse des Schleusenhauptes angeordneten Theilen, einem mittleren Bockgerüst mit zwei Fahrschienen und zwei Seitengerüsten mit je einer Fahrschiene. Je eine Fahrschiene des Mittelgerüstes und die Fahrschiene des benachbarten Seitengerüstes bildeten das Gleis für einen Laufkrahn, der mit Rücksicht auf die Lage der Thore während der Aufstellung eine Spurweite von 11,5 m

hatte erhalten müssen. Jeder der beiden Laufkrahne hatte bei den Gerüsten, die über beide Schleusenkammern hinwegreichten, vier Thorflügel zu bedienen, und zwar am Aufsen- und Binnenhaupt entweder vier Fluththor- oder vier Ebbethorflügel. Die Krahnfahrbahnen waren über die Seitenmauern der Schleusenmauern hinaus vorgekragt, sodafs mit den Krahnen die auf den hinter den Seitenmauern verlegten Zufahrtsgleisen herangebrachten Eisentheile gehoben und demnächst nach der Verwendungsstelle verfahren und daselbst abgesenkt werden konnten.

Zur Sicherung der Gerüste gegen die von Stürmen auf sie selbst und auf die in der Aufstellung begriffenen Thorflügel ausgeübten Druckkräfte mufsten besondere Vorkehrungen getroffen werden. In die Mittelgerüste wurden wagerechte zwischen diese beiden Zangen hindurchgeschobene Balken auf der anderen Zange aufliegend wagerecht lagen. Sobald über diese Balken zwischen dem Thorflügel und den Böcken Bohlen gestreckt wurden, war eine Arbeitsbühne fertig gestellt. Die Längszangen wurden von vornherein in solcher Zahl angebracht, dafs alle bei der Aufstellung der Thore vorkommenden Arbeiten von den Bühnen aus bewerkstelligt werden konnten. Die wagerechten Balken und die Bohlenbeläge wurden jedoch nur in halber Anzahl beschafft.

Die Gerüste haben sich durchweg bewährt, selbst dem orkanartigen Sturm am 12. Februar 1894, dessen Windgeschwindigkeit zeitweise bis über 40 m stieg, haben sie standgehalten. Auch sind während der Aufstellung der Thore keinerlei Unfälle vorgekommen.

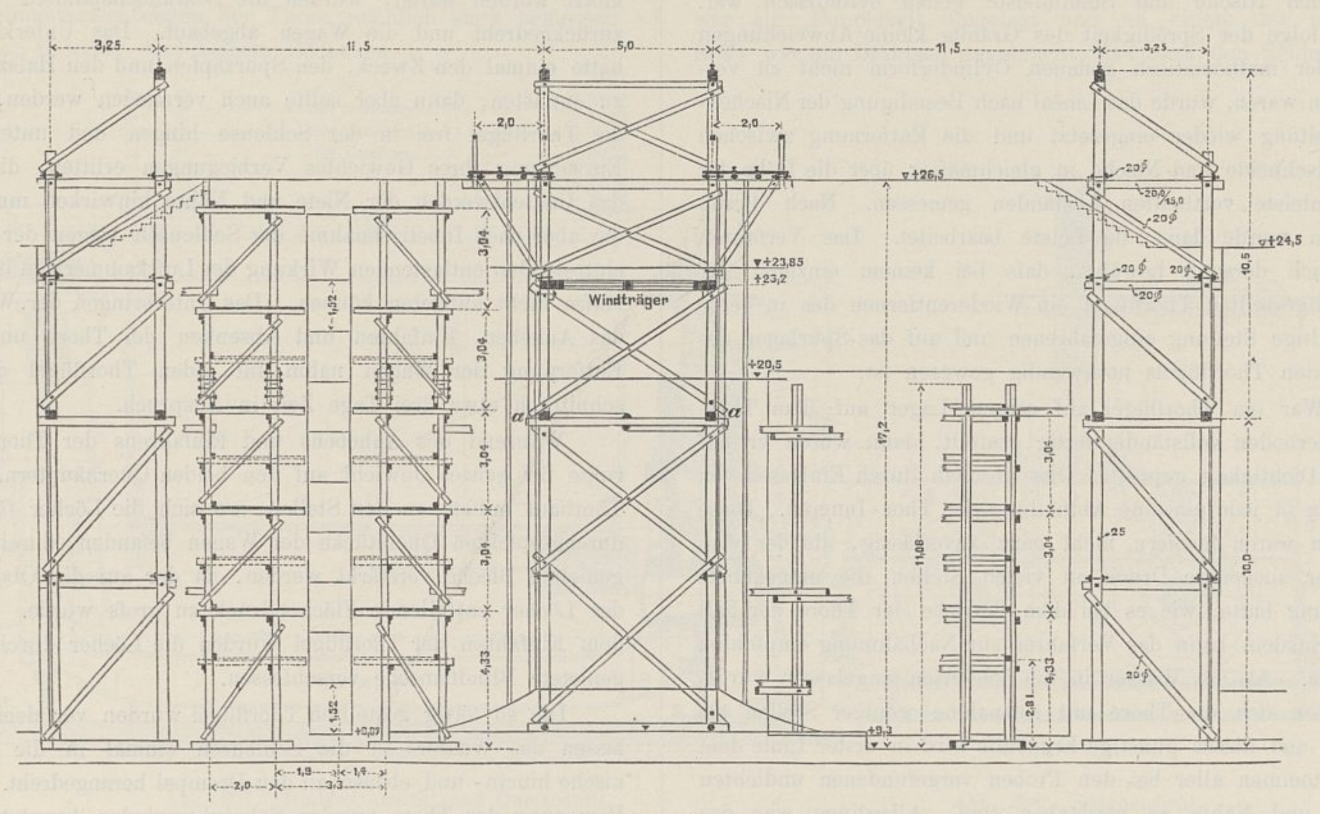


Abb. 206. Gerüst für die Aufstellung der Brunsbütteler Thore. 1 : 225.

Fachwerkträger eingebaut, die ihre Auflager in kastenförmigen Vertiefungen erhielten, die zu diesem Zweck in den drei Schleusenmauern ausgespart waren. Diese Windträger waren möglichst hoch angeordnet, damit die Thorflügel wirksam gegen sie abgestützt werden konnten, und die Enden der Auflager waren in den Aussparungen sorgfältig mit Holz verkeilt. Die seitlichen Krahngerüste hatten keinen besonders ausgebildeten Windverband, wohl aber wurden sie gegen die Schleusenmauern abgestützt. Etwa 3 m unter den Krahnfahrschienen waren am Mittelgerüst beiderseitig Laufstege angeordnet, die zum Verkehr über die Schleusen benuzt wurden.

Die kleinen Arbeitsgerüste bestanden aus einzelnen Böcken, die auf der Thorkammersohle aufgestellt und durch wagerechte Längszangen mit einander verbunden wurden. Auf der den Thorflügeln zugekehrten Seite der Böcke war in den verschiedenen Höhen je eine Zange angebracht (Text-Abb. 206), während auf der den Thorflügeln abgekehrten Seite je zwei Zangen derartig mit den Böcken verbunden waren, dafs

Der Zusammenbau der Thorgerippe vollzog sich Dank der grofsen Sorgfalt und der Sachkunde, mit der das ausführende Werk auf die Erleichterung der Aufstellungsarbeiten Bedacht genommen hatte, rasch und sicher. Insbesondere kam diesen Arbeiten zu statten, dafs die Nietarbeit auf der Baustelle, wie bereits bei der Beschreibung der einzelnen Thore erwähnt wurde, auf ein Mindestmafs beschränkt worden war. Nach dem vollständigen Zusammenbau der Thorgerippe wurden zunächst die Versteifungen der Hautbleche und bei den Fluththoren auch die Kümpelwände des Einsteigeschachtes eingebracht und dann die Beplattung der Thore ausgeführt. Während dieser Arbeiten wurden auch die Dichtungs- und Stemmleisten, sowie die Schutzhölzer an den Thorflügeln befestigt. Da die Stemmleiste an der Wendesäule und ebenso die Wendenische in den Berührungsflächen genau nach einem Cylinder gekrümmt sein mufsten, war das Nacharbeiten der Granitquadern der Wendenische unter die vertraglichen Verpflichtungen der Unternehmerin für die Lieferung und Aufstellung der Thore mit aufgenommen worden. Um die Bear-

beitung der Stemmleiste und der Wendenische mit Sicherheit derartig ausführen zu können, dafs das Zusammenpassen der Berührungsflächen bei sorgfältiger Arbeit von vornherein, also ohne wiederholtes Versuchen, gewährleistet war, geschah sie mit Hülfe eines eisernen Lineals, das auf dem Spurzapfen der Thore ruhte und, von ihm und dem Halslager geführt, genau so gedreht werden konnte, wie später der betreffende Thorflügel bewegt wird. Um dem Lineal trotz seiner grofsen Länge ausreichende Steifigkeit zu geben, hatte es einen prismatischen Querschnitt erhalten. Die Entfernung der Schneide des Lineals von seiner Drehachse war bekannt; es genügte also, den Abstand von der Schneide bis zur Wendenische genau zu messen und den gewonnenen Mafsen entsprechend soviel von den Quadern der Nische abzuarbeiten, bis die Berührungsfläche zwischen Nische und Stemmleiste genau cylindrisch war. Da infolge der Sprödigkeit des Granits kleine Abweichungen von der mathematisch genauen Cylinderform nicht zu vermeiden waren, wurde das Lineal nach Beendigung der Nischenbearbeitung wieder eingesetzt und die Entfernung zwischen Linealschneide und Nische in gleichmäfsig über die Höhe der Stemmleiste vertheilten Abständen gemessen. Nach diesen Mafsen wurde dann die Leiste bearbeitet. Das Verfahren hat sich derartig bewährt, dafs bei keinem einzigen der 48 aufgestellten Thorflügel ein Wiederentfernen des in seine endgültige Stellung eingefahrenen und auf das Spurlager abgesenkten Thorflügels nothwendig gewesen ist.

War ein Thorflügel auf seinem Lager auf dem Thorkammerboden vollständig fertig gestellt, dann wurde er auf seine Dichtigkeit geprüft. Dies geschah durch Einlassen von Wasser in jede einzelne Abtheilung des Thor-Inneren. Diese Proben waren insofern nicht ganz zuverlässig, als der vom Wasser ausgeübte Druck an vielen Stellen die umgekehrte Richtung hatte, wie es bei dem Betriebe der Thore der Fall ist, trotzdem kann das Verfahren zur Nachahmung empfohlen werden. Als das Wasser in die Schleusen eingelassen wurde, erwiesen sich die Thore mit Ausnahme weniger Stellen als dicht, und dieses günstige Ergebnifs wird in erster Linie dem Nachstemmen aller bei den Proben vorgefundenen undichten Niete und Nähte zu verdanken sein. Allerdings war das Verfahren ziemlich zeitraubend und auch nicht ganz billig, da zum Füllen der Thorflügel mit Wasser auf der Baustelle besondere, theilweise ziemlich lange Rohrleitungen hergestellt werden mufsten.

Erst nach Beendigung der Dichtigkeitsproben wurden die Thore in ihre endgültige Stellung gebracht. Dies geschah mit Hülfe von zwei vierrädrigen Wagen, die mit Hebe- und Senkungsvorrichtungen versehen waren und in den Text Abb. 207 und 208 zur Darstellung gebracht sind. Die Wagen bewegten sich auf einer mit starken Bohlen unterlegten Schienenbahn, die schon während des Zusammenbaues der Thorflügel als Unterlage für die den untersten Riegel unterstützenden Klotzlager und Schraubenwinden gedient hatte. Als Hebevorrichtung jedes Wagens dienten zwei Hebeschrauben, deren Spindeln durch Schneckengetriebe bewegt wurden. Die beiden Spindeln jedes Wagens trugen gemeinschaftlich ein schmiedeeisernes Querstück, das etwa in der halben Höhe zwischen den beiden untersten Riegeln durch rechteckige Löcher hindurch gesteckt wurde, die in der vorderen und hinteren Thorhaut hergestellt waren. Die Wagen bestanden aus vier mit einander verschraubten Theilen, nämlich aus zwei Wangen mit je zwei Laufrädern nebst einer Hebeschraube und zwei Querverbindungen, die unter den Thoren hindurch gingen. Nachdem die Wagen aufgestellt waren, wurden zunächst die Spindeln solange gedreht, bis die Querstücke den Thorflügel von den Lagern, auf denen er bisher geruht hatte, so weit abgehoben hatten, dafs diese Unterstützungen entfernt werden konnten. Dann wurden die Thorflügel in die Nischen eingefahren und schliefslich durch Zurückdrehen der Schraubenspindeln auf den Spurzapfen abgesenkt und mit den Halslager-Verankerungen verbunden. Während dieser ganzen Zeit wurden die Thorflügel mittels Flaschenzügen an dem Gerüst geführt, um ein Umkippen der hohen Thore zu verhüten. Nachdem sie dann erst noch an zwei Stellen unterklotzt worden waren, wurden die Schraubenspindeln weiter zurückgedreht und die Wagen abgebaut. Das Unterklotzen hatte einmal den Zweck, den Spurzapfen und den Halszapfen zu entlasten, dann aber sollte auch vermieden werden, dafs die Thorflügel frei in der Schleuse hingen und unter der Einwirkung ihres Gewichtes Verbiegungen erlitten, die auf das Undichtwerden der Niete und Nähte hinwirken mufsten, die aber nach Inbetriebnahme der Schleusen wegen der dann eintretenden entlastenden Wirkung der Luftkammern in diesem Mafse nicht auftreten können. Das Unterbringen der Wagen, das Anheben, Einfahren und Absenken der Thore und die Entfernung der Wagen nahm für jeden Thorflügel durchschnittlich etwa drei Tage Zeit in Anspruch.

Während des Anhebens und Einfahrens der Thorflügel ruhte ihr ganzes Gewicht auf den beiden Querhäuptern. Die Thorhaut mufste an den Stellen, wo sich die Löcher für die durchgesteckten Querstücke der Wagen befanden, durch aufgenietete Bleche verstärkt werden, da der auf die Oberseite der Löcher entfallende Flächendruck zu grofs wurde. Nach dem Einfahren der Thorflügel wurden die Löcher durch aufgenietete Blindflansche verschlossen.

Die so fertig gestellten Thorflügel wurden vor dem Einlassen des Wassers in die Schleusen einmal in die Thornische hinein- und ebenso an den Drempel herangedreht. Zur Bewegung der Thore wurden Schraubenwinden benutzt, die an dem untersten Riegel angriffen und sich gegen Bohlen stützten, die auf der Thorkammersohle verlegt waren. Auch während dieser Drehungen ruhten die Flügel nicht allein auf dem Spurzapfen, sondern sie bewegten sich auf einer gut geschmierten, aus Eisenblechen gebildeten Gleitbahn, die um etwa ein Drittel der Thorlänge von der Schlagsäule entfernt angeordnet war. Das Herandrehen der Thore an den Drempel ermöglichte es, die Dichtungsleisten an der Wendesäule und dem untersten Riegel zu einem genauen Schlufs mit dem Schleusenmauerwerk zu bringen und die Stemmleisten an den Schlagsäulen der Fluththore und die Stemmkörper an den obersten Riegeln der Ebbe- und Sperrthore so zu bearbeiten, dafs die Thore erst zum Stemmen kommen, wenn sie am Drempel anliegen.

Wie schon bei der Beschreibung der Bauausführung der Gründungs- und Maurerarbeiten für die Brunsbütteler Schleusen und zwar auf Seite 428 u. ff. des Jahrganges 1896, insbesondere auf Seite 452, näher dargelegt worden ist, sind die Seitenmauern der Brunsbütteler Schleusen stark gesackt und haben dabei eine nach hinten übergeneigte Lage ange-

nommen, die z. B. bei dem Aufsenhaupt der südlichen Schleuse das Mafs von 1 : 123 erreichte. Dieselbe Neigung hatten die Laufbahnen für die Endunterstützungsrollen der zur Bewegung der Thore dienenden Zahnstangen und die Sohle der in den Seitenmauern angelegten Maschinenkammern angenommen. Unter diesen Umständen hätte der senkrechte Einbau der Thorflügel mancherlei Schwierigkeiten mit sich gebracht, und es wurde deshalb der Entschlufs gefafst, den Thorflügeln die Neigung der betreffenden Theile der Seitenmauern zu geben. Dadurch blieb die senkrechte Lage der Zahnstangen zu der Thorachse und der planmäfsige Eingriff aller Getriebe ohne weiteres erhalten, es mufs aber der Schwerpunkt der Thorflügel beim Oeffnen derselben der Neigung der Mauern entsprechend gehoben werden. Da die Bewegungsvorrichtungen der Thore reichlich stark bemessen sind, so unterlag dies keinem Bedenken.

Thores wurde durch ein Flacheisen geschlossen, das in einen zu diesem Zweck in dem Holzfutter an den Schlagsäulen der Seitenmauer-Thorflügel hergestellten, mit Winkeleisen gesäumten Schlitz eingeschoben wurde. Trotzdem in Holtenau keinerlei Bewegungen der Schleusenmauern eingetreten sind, wurden auch dort die Ebbe- und Sperrthore so hergerichtet wie in Brunsbüttel, um sie später jederzeit daselbst verwenden zu können.

Einige Tage vor dem Einlassen des Wassers in die Schleusen, das in Holtenau Anfang August, in Brunsbüttel Anfang September 1894 erfolgte, erhielten sämtliche Thorflügel neue Unterklotzungen, die aus vollständig mit Wasser gesättigtem Holz angefertigt wurden, um ein späteres Aufquellen der Hölzer zu verhindern. In jede Unterklotzung war ein Doppelkeil eingelegt und an einem der beiden Keile war ein Drahtseil angebracht, das nach den Schleusen-

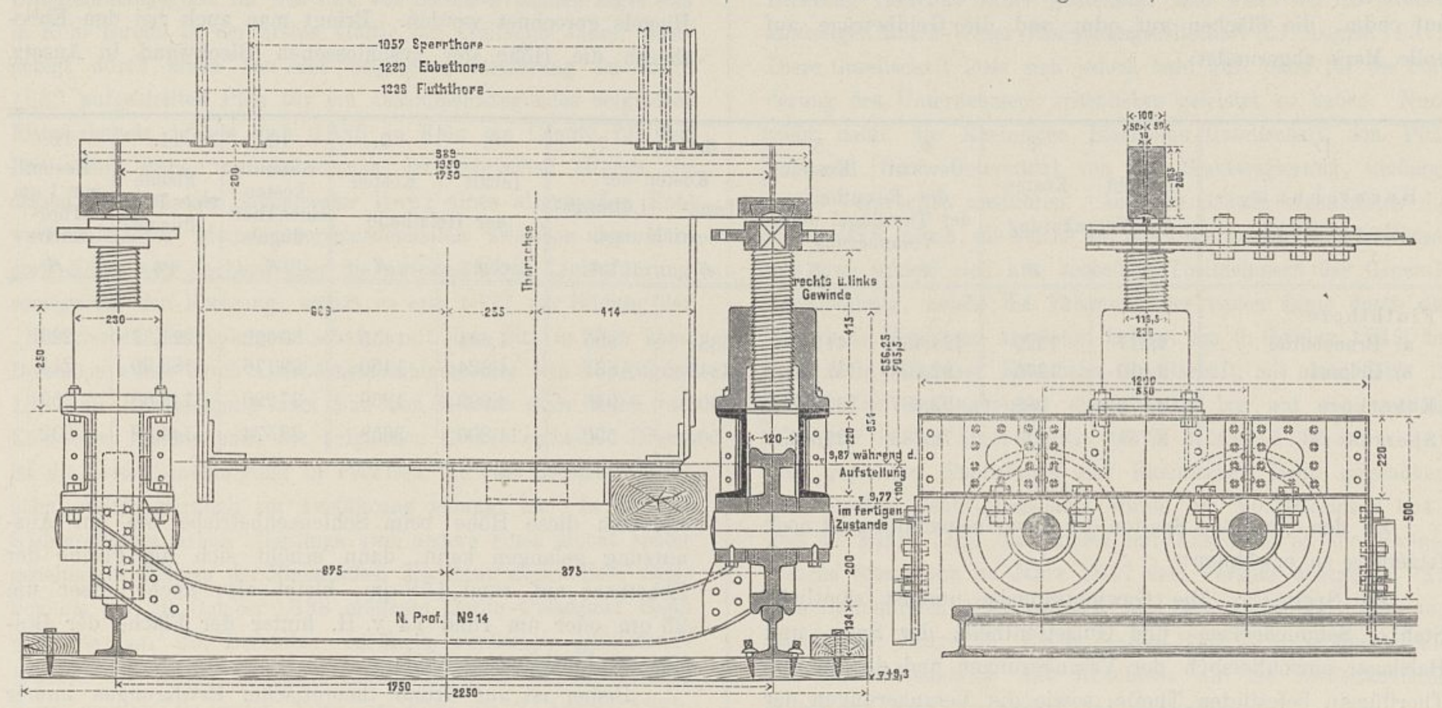


Abb. 207. Hintere Ansicht und Querschnitt. Abb. 208. Seitenansicht.

Wagen zum Einfahren der Thorflügel. 1 : 20.

Eine Folge des schiefen Einbaues der zu den Seitenmauern gehörigen Thorflügel war, dafs die sämtlichen Wendenischen der Seitenmauern nachgearbeitet und die Stemmleisten an der Schlag- und Wendesäule dieser Fluththorflügel sowie die Stemmkörper an den obersten Riegeln dieser Ebbe- und Sperrthorflügel aufgefuttert werden mufsten. Bei den Wendesäulen der Fluththorflügel ist die Auffutterung der Stemmleiste durch eine überall gleich starke eichene Bohle, die zwischen die Wendesäule und die Stemmleiste eingelegt wurde, bewirkt. Bei der Schlagsäule wurde die Fuge durch ein vom Drempel nach der Thoroberkante an Stärke zunehmendes hölzernes Keilstück geschlossen, das leicht abnehmbar angeordnet wurde, um es bei etwaigen weiteren Bewegungen der Seitenmauern, durch die eine andere Neigung der Thorflügel herbeigeführt wird, durch einen anderen, besser passenden Keil ersetzen zu können. Die stählernen Stemmkörper der fraglichen Ebbe- und Sperrthorflügel wurden durch Aufschrauben eines ebenfalls stählernen Stückes aufgefuttert, der keilförmige Schlitz zwischen den beiden Schlagsäulen eines

mauern hinaufführte. Mit Hülfe dieser Seile sollten die Keile unter den Thoren herausgezogen werden, sobald in den Schleusen der normale Wasserstand erreicht und infolge des Auftriebes der Luftkammern eine Entlastung der Unterklotzungen eingetreten war. Bei einzelnen Flügeln gelang auch das Entfernen der Keile, und die Unterklotzungen schwammen auf, zumeist aber erwiesen sich die Drahtseile als zu schwach, und die Flügel mufsten mit Hülfe der unterdessen angebrachten Zahnstangen von den Unterklotzungen befreit werden. Dieses war vorausgesehen worden, und die Doppelkeile waren deshalb sämtlich so verlegt worden, dafs sie sich lösten, wenn die Thorflügel nach den Nischen zu bewegt wurden.

Die Ersatzthore wurden auf dem Liegeplatz gegenüber der Betriebswerkstatt in Rendsburg in wagerechter Stellung zusammengebaut und ebenso auf ihre Dichtigkeit geprüft, wie es oben beschrieben worden ist.

Der Anstrich der Thore wurde theils im Werk, theils auf der Baustelle hergestellt. Im Werk wurde aufser dem Leinölfirnifs-Anstrich, der auf die einzelnen, gut gereinigten

Eisentheile vor ihrer Zusammensetzung aufgebracht wurde, nur ein Grundanstrich aus reiner Bleimennige auf den zum Versand fertigen Thortheilen hergestellt. Nachdem die Thorflügel vollständig fertig gestellt und auf ihre Dichtigkeit geprüft waren, wurden aufser einem zweiten Bleimennige-Anstriche noch zwei Anstriche mit Kohlentheer aufgebracht. Die Wahl von Kohlentheer für die Deckanstriche hat sich nach den bisherigen Erfahrungen als zweckmäfsig herausgestellt.

Die Gesamtkosten der Thore für die Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau einschliefslich der Ersatzthore und einiger Ersatztheile haben nach der Abrechnung mit der ausführenden Gesellschaft rund 2333000 ℳ betragen. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind einige Angaben über die Gewichte usw. und die Kosten je eines Flügels der verschiedenen Thore gemacht, dabei sind die Gewichte auf kg, die Inhalte auf cbdm, die Flächen auf qdm und die Geldbeträge auf volle Mark abgerundet:

1. Bezeichnung der Thore	2. Gewicht der Verankerung	3. Kosten der Verankerung	4. Gewicht der Eisentheile der Thorflügel ohne Verankerung	5. Kosten der Eisentheile der Thorflügel ohne Verankerung	6. Kosten der Lenz-Vorrichtungen	7. Kosten der Lüftungs-Vorrichtungen	8. Inhalt der Holztheile	9. Kosten der Holztheile	10. Gesamtkosten eines Thorflügels	11. Fläche eines Thorflügels	12. Kosten von 1 qm Thorfläche
	t	ℳ	t	ℳ	ℳ	ℳ	cbm	ℳ	ℳ	qm	ℳ
Fluththore:											
a) Brunsbüttel . . .	4,217	1329	124,456	41913	5382	895	4,694	1455	50662	221,37	229
b) Holtenau	4,010	1275	92,206	31145	4343	831	4,824	1495	39176	183,30	214
Ebbethore	3,170	988	92,687	30888	1908	945	4,099	1269	37220	143,68	259
Sperrthore	3,751	1170	76,233	25681	504	590	11,800	3658	33574	144,49	232

Zu den einzelnen Spalten der Zusammenstellung ist noch folgendes zu erwähnen:

Zu Spalte 2: Die Gewichtsangabe umfafst sämtliche Stahl-, Schmiedeeisen- und Gufseisentheile der Spur- und Halslager einschliefslich der Verankerungen und der an den Thorflügeln befestigten Theile, sowie die Verankerungen der Schutzketten an den Fluth- und Ebbethoren und der Gegengewichtsketten der Sperrthore.

Zu Spalte 4 und 5: Hier sind auch die Schutzketten und die Gegengewichtsketten, sowie die Stemmkörper an den Ebbe- und Sperrthoren berücksichtigt, die Gegengewichte der Sperrthore dagegen nicht.

Zu Spalte 8 und 9: Die Schützen der Sperrthore sind in die Angaben nicht eingeschlossen. Die acht Schützen eines Thorflügels haben einschliefslich der Schützenketten und der unteren Kettenrollen nebst Schutzkasten rund 7000 ℳ gekostet.

Zu Spalte 10: Die Spalten 3, 5, 6, 7 und 9 ergeben zusammen eine kleinere Zahl, weil in Spalte 10 auch die Kosten der Cementestriche und einige andere, kleinere Beträge mit enthalten sind. Bei den Sperrthoren umfafst die Preisangabe die Schützen nicht.

Zu Spalte 11: Die Höhe der Thorflügel ist überall von der Drempeloberkante ab und bei den Fluththoren bis zur Oberkante der äufseren Thorhaut, bei den Ebbe- und Sperrthoren bis zur Mitte des oberen Riegels gemessen worden. Die Länge der Fluth- und Ebbethorflügel ist mit 14,10 m, die der Sperrthorflügel mit 14,18 m in Ansatz gebracht.

Zu Spalte 12: Die Schützen der Sperrthore sind nicht berücksichtigt.

Die Fluththore in Holtenau und die Ebbethore für Brunsbüttel und Holtenau sind für annähernd denselben Wasserüberdruck berechnet und bieten deshalb eine günstige Gelegenheit zur Vergleichung der Gewichte von Riegelthoren und Ständerthoren. Wie die Spalte 4 der Zusammenstellung zeigt, haben die Ebbe- und die Fluththorflügel annähernd dasselbe Gewicht, dabei ist die Fläche eines Fluththorflügels erheblich gröfser, sodafs von vornherein anzunehmen gewesen wäre, ein Fluththorflügel müfste viel schwerer sein als ein Ebbethorflügel. Bei der Berechnung der Thorfläche ist die Höhe der Fluththore bis zur Oberkante der äufseren Thorhaut, die der Ebbethore aber nur bis zur Mitte des oberen Riegels gerechnet worden. Bringt man auch bei den Ebbethoren die Höhe der geschlossenen Blechwand in Ansatz, trotzdem diese Höhe beim Schleusenbetriebe nie zur Ausnutzung gelangen kann, dann erhöht sich die Fläche der Ebbethore auf rund 158 qm, bleibt also noch immer um 25 qm oder um rund 14 v. H. hinter der Fläche der Holtenauer Fluththore zurück.

Bisher ist auf Grund theoretischer Erwägungen immer angenommen worden, dafs Ständerthore bei gleichen Wasserstandsunterschieden und gleichen Berechnungsannahmen leichter werden als Riegelthore mit derselben Fläche. Bei den Thoren des Kaiser Wilhelm-Canals stellt sich aber heraus, dafs das Gewicht der Flächeneinheit der Ständerthore höher ist als bei den Riegelthoren. Dieser auffällige Umstand bedarf der Erklärung, die im folgenden versucht werden wird.

Bei den Riegelthoren konnte die Stärke der Thorhaut in jedem Riegelfelde dem dort herrschenden Wasserdrucke entsprechend bemessen werden, bei den Ständerthoren hat die Haut dagegen nur zwei verschiedene Stärken erhalten, die je nach dem auf den untersten Theil der Bleche einwirkenden Wasserdruck berechnet wurden. Die Thorhaut ist also verhältnifsmäfsig zu stark; sie hätte dem Wasserdruck besser angepafst werden können, dann hätten aber mit der gröfseren Zahl der Stöfse auch mehr zu dichtende und dicht zu haltende Niete und Nähte in den Kauf genommen werden müssen.

Der Querschnitt der Ständer wird nicht ausgenutzt. Während die Riegel bei dem höchsten Wasserüberdruck durchweg für eine Beanspruchung von annähernd 1200 kg/qcm berechnet sind, treten in den Ständern nur Höchstbean-

spruchungen von rund 750 kg auf. Die Ständer sind also überflüssig schwer, und dem liefs sich, da die Breite der Thore durch anderweitige Rücksichten bestimmt war, nur dadurch abhelfen, dafs man die Ständerentfernung vergröfserte. Dann wären aber die Versteifungen der Thorhaut noch schwerer geworden, als sie es jetzt schon sind. Sie wiegen der Querverbindungen wegen erheblich mehr als bei den Fluththoren. In diesen drei Momenten wird das Mehrgewicht der Ständerthore im wesentlichen begründet sein.

(Fortsetzung folgt.)

Der Umbau der Bahnanlagen in Köln a. Rh.

Nach amtlichen Quellen bearbeitet vom Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector Kiel in Köln.

(Mit Abbildungen auf Blatt 33 bis 35 im Atlas.)

I. Geschichtliche Entwicklung der Kölner Bahnanlagen.

1. 1837 bis 1856 (Abb. 1 u. 5 auf Bl. 33 u. 34). Der Unternehmungsgeist für den Bau von Locomotivbahnen regte sich in Köln bereits in der ersten Hälfte der dreifsiger Jahre. Angeregt durch einen von der belgischen Regierung im Jahre 1832 aufgestellten Plan für ein zusammenhängendes belgisches Eisenbahnnetz bildete sich 1833 in Köln ein Comité für den Bau einer Bahn von Köln nach der belgischen Grenze, in dessen Auftrage der Bauinspector Henz einen allgemeinen Entwurf aufstellte. Meinungsverschiedenheiten zwischen den Bürgern Kölns und Aachens über die zweckmäfsigste Linienführung verzögerten den Fortgang, sodafs es erst 1837 zur Bildung der „Rheinischen Eisenbahngesellschaft" mit dem Sitz in Köln kam. Derselben wurde durch Allerhöchste Cabinetsordre vom 21. August 1837 die Genehmigung zum Bau und Betrieb einer Bahn von Köln über Aachen nach der belgischen Grenze ertheilt. Dieses ist die erste Genehmigung in Preufsen für eine Locomotiveisenbahn, welche wirklich zur Ausführung gelangt ist. In der Betriebseröffnung haben allerdings zwei andere einen Monat später genehmigte Bahnen der Rheinischen den Rang abgelaufen, nämlich die am 29. October 1838 eröffnete Berlin-Potsdamer Bahn und das am 20. December eröffnete Theilstück Düsseldorf-Erkrath der Linie Düsseldorf-Elberfeld. Von der Rheinischen Bahn wurden die ersten 7 km bei Köln am 2. August 1839, die Strecke Köln-Aachen am 6. September 1841 und die ganze Bahn bis zur belgischen Grenze bei Herbesthal mit Anschlufs an das bereits 500 km lange belgische Bahnnetz am 15. October 1843 dem Verkehr übergeben.

Als Endpunkt der Rheinischen Bahn in Köln war in der Genehmigungsurkunde der „Freihafen", d. i. der am Rheinufer zwischen der jetzigen festen und der Schiffbrücke belegene Zollhof (in Abb. 1 Bl. 33 u. 34 mit *C* bezeichnet) festgesetzt. Die Geldnoth, in der sich die Gesellschaft während der ersten Jahre befand, sowie sonstige Schwierigkeiten verzögerten jedoch die Ausführung des zwischen der Stadt und dem Rhein gelegenen Stückes. Daher wurde an der Nordseite der Stadt in der Nähe der Umwallung und des Rheines ein vorläufiger Bahnhof bei *A* errichtet. Die Ueberführung der Wagen von hier nach dem Zollhof erfolgte lange Zeit auf einem Pferdebahngleise. Der endgültige Personenbahnhof am Trankgassenthor (*B* in Abb. 1 Bl. 33 u. 34) wurde erst im Jahre 1857, zu einer Zeit, wo die Verlegung an eine andere Stelle bereits beschlossen war, eröffnet. Der vorläufige Güterbahnhof aufserhalb der Umwallung (*A*) blieb auch nach Fertigstellung des Bahnhofs am Zollhof (der Rheinstation) unter dem Namen „Thürmchensbahnhof" noch bestehen.

Gleichzeitig mit der von Köln nach Westen führenden Rheinischen Eisenbahn war auch eine von Köln in östlicher Richtung führende Linie genehmigt und zwar der in Minden ansässigen Rhein-Weser-Eisenbahngesellschaft (21. August 1837). Diese Gesellschaft löste sich jedoch bald auf, ohne für die Förderung des Unternehmens erhebliches geleistet zu haben. Nunmehr nahm die Rheinische Eisenbahn-Gesellschaft den Plan auf und liefs, unterstützt von der Staatsregierung, umfangreiche Vorarbeiten ausführen. Aeufsere Gründe veranlafsten die Gesellschaft jedoch, als solche auf das Unternehmen zu verzichten, und nun bildete sich aus denselben Theilnehmern der Generalversammlung, welche die Erbauung der neuen Linie durch die Rheinische Eisenbahn abgelehnt hatten, am 9. October 1843 die neue Köln-Mindener Eisenbahn-Gesellschaft mit dem Sitze in Köln. Der Anfangspunkt dieser Bahn lag auf dem rechten Rheinufer in der Stadt Deutz (bei *H* in Abb. 1 Bl. 33 u. 34), dem geplanten Endbahnhof der Rheinischen Bahn gegenüber. Die Strecke Deutz-Düsseldorf wurde am 20. December 1845 und die ganze Linie bis Minden mit Anschluss an die Hannoversche Staatsbahn im Jahre 1847 dem Verkehr übergeben. An diese Stammlinien gliederten sich bald Seitenlinien zum Theil von bedeutender Länge an, zuerst die im Jahre 1856 eröffnete Linie Oberhausen-Emmerich mit Anschluss an die niederländische Staatsbahn nach Amsterdam und Rotterdam.

Im Vergleich zu den beiden vorgenannten Linien mit ihren Anschlüssen an fremde Bahnen hatten zwei andere in diesem Zeitraum entstandene Bahnen mehr örtliche Bedeutung.

Die eine derselben führte von Köln nach Süden und hatte lange Zeit Bonn zum Endpunkt. Sie war von der 1840 gebildeten, in Bonn ansässigen Bonn-Kölner Eisenbahn-Gesellschaft erbaut und am 15. Februar 1844 eröffnet. Ihr Kölner Endbahnhof „St. Pantaleon" lag im Südwesten der Stadt innerhalb der Umwallung (bei *D* auf Abb. 1 Bl. 33 u. 34). Die Bahn wurde 1854 und 1855 um 14 km bis zu dem dem Siebengebirge gegenüber gelegenen Rolandseck verlängert.

Für die vierte der Kölner Bahnen, die nach Norden führte und Crefeld zum Endpunkt hatte, bildete sich erst im Jahre 1853 nach langen Vorverhandlungen die Köln-Crefelder Eisenbahn-Gesellschaft mit dem Sitz in Köln. Der Bau wurde von einer Königlichen Baucommission in Köln geleitet. Die Eröffnung erfolgte in den Jahren 1855 und 1856. Die Leitung des Betriebes übernahm die in Aachen ansässige Königl. Eisenbahn-Direction der (später in das Bergisch-Märkische Eisenbahn-Unternehmen aufgegangenen) Aachen-Düsseldorf-Ruhrorter Bahn, an welche die Köln-Crefelder Bahn in Neufs und Crefeld An-

schlufs hatte. Der Endpunkt in Köln lag in unmittelbarer Nähe des vorläufigen Bahnhofs der Rheinischen Bahn, dessen freigewordene Theile mit benutzt wurden (bei E in Abb. 1 auf Bl. 33 u. 34).

2. 1856 bis 1859 (Abb. 2 auf Bl. 33 u. 34). So finden wir im Jahre 1856 in Köln vier Eisenbahnen, deren Richtungen den Hauptthimmelsrichtungen entsprachen. Jede derselben hatte eine eigene Verwaltung und war mangels einer Schienenverbindung in ihrem Verkehr von den übrigen Bahnen vollständig abgesondert. Hierin trat eine vollständige Umgestaltung ein, als in der ersten Hälfte der fünfziger Jahre Deutschland sich von dem wirthschaftlichen Niedergange, den die Mifsernte und die politischen Unruhen der Jahre 1848 und 1849 bewirkt hatten, wieder zu erholen begann und der Unternehmungsgeist neu erwachte. Die Köln-Mindener Eisenbahn-Gesellschaft unternahm infolge dessen auf Grund der ihr im Jahre 1855 ertheilten Genehmigung die Herstellung einer Bahn von Deutz in südöstlicher Richtung nach Giefsen mit Anschlufs an die Bahn Hannover-Cassel-Frankfurt und die Erbauung einer festen Rheinbrücke zwischen Köln und Deutz. Diese Rheinbrücke sollte nach dem damaligen Entwurf neben einer Fahrbahn für den Strafsenverkehr nur für ein Eisenbahngleis eingerichtet und am westlichen (Kölner) Flufsufer mit dem etwa 10 m tiefer liegenden Bahnhofe der Rheinischen Bahn durch ein Hebewerk verbunden werden.

Auch bei der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft, die unter der Ungunst der Zeit besonders schwer gelitten und ihr verhältnismäfsig hohes Anlagecapital bis dahin nur sehr schwach verzinst hatte, regte sich neue Unternehmungslust. Durchdrungen von der Ueberzeugung, dafs mit der Gröfse des Bahnnetzes die Aussicht auf Ertragsfähigkeit wachse, liefs sie sich im Jahre 1856 folgendes genehmigen:

1) Die Verschmelzung der Bonn-Kölner und der Köln-Crefelder Bahn mit ihrem eigenen Unternehmen, sowie die Verlängerung der ersteren rheinaufwärts bis zum Anschlufs an die hessische Ludwigsbahn bei Bingen und der letzteren bis zur holländischen Grenze bei Nymwegen.

2) Die Herstellung von Verbindungslinien in Köln, und zwar einerseits zwischen ihrer Stammlinie und der Köln-Bonner Bahn durch eine um die Stadt führende „Ringbahn", sowie anderseits zwischen ihrem Bahnnetz und dem der Köln-Mindener Bahn mittels einer durch das Innere der Stadt führenden „Stadtbahn".

An der äufseren Verbindungsbahn wurde von der Rheinischen Bahn der „Centralgüterbahnhof Köln-Gereon" (bei F in Abb. 2 Bl. 33 u. 34) und „an der Stadtbahn" in der Nähe des Domes der Centralpersonenbahnhof (bei G) angelegt und 1859 eröffnet. Gleichzeitig mit dem Personenbahnhof wurde auch die neue von der Köln-Mindener Bahn nach einem erweiterten Entwurf zweigleisig erbaute Rheinbrücke dem Betrieb übergeben und dadurch das Gleisnetz der Köln-Mindener und der Rheinischen Bahn unmittelbar mit einander verbunden.

Die alten Bahnhöfe der Rheinischen Bahn, nämlich der Thürmchensbahnhof, die Rheinstation und der Pantaleonsbahnhof wurden für den Ortsgüterverkehr beibehalten, jedoch von Köln-Gereon, wo alle Güterzüge begannen oder endigten, bedient. Der Personenverkehr der Rheinischen Bahn wurde — abgesehen von einer vorübergehenden beschränkten Benutzung des Pantaleonsbahnhofs — ausschliefslich nach dem Centralbahnhof gelegt. Dagegen erfuhr der Bahnhof Deutz der Köln-Mindener Bahn durch die Neuanlagen in Köln nur insofern eine Entlastung, als die Berliner Schnellzüge in den Centralpersonenbahnhof Köln eingeführt wurden. Die Personenzüge der Stammlinien und der in den Jahren 1859 bis 1861 eröffneten Deutz-Giefsener Bahn, sowie alle Güterzüge endigten oder begannen nach wie vor auf dem rechten Rheinufer. Für die zu übergebenden Güterwagen wurden besondere Uebergabefahrten zwischen Köln-Gereon und dem Verschubbahnhof Deutzerfeld der Köln-Mindener Bahn eingerichtet.

3. Die Umbaupläne bis zur Verstaatlichung der grofsen Privatbahnen (Abb. 3 Bl. 33 u. 34). Die in den Jahren 1856 bis 1859 erbauten Kölner Bahnhofsanlagen haben über dreifsig Jahre hindurch einen inzwischen erheblich gesteigerten Verkehr, ohne dafs wesentliche Erweiterungen vorgenommen wurden, zu bewältigen vermocht. Indessen stellten sich doch, als mit der Verdichtung und Ausdehnung des Rheinischen Eisenbahnnetzes auch der Verkehr auf den in Köln einmündenden Stammlinien immer mehr wuchs, der ordnungsmäfsigen Durchführung des Personenverkehrs manche Schwierigkeiten entgegen. Dazu kam, dafs im Jahre 1875 noch die von 1865 bis 1871 schrittweise eröffnete Eifelbahn Trier-Euskirchen durch Verlängerung bis zu dem unweit Köln an der Bingener Linie gelegenen Bahnhof Kalscheuren als vierte Linie in den Bahnhof Köln eingeführt wurde.

Den Anstofs zu längeren Verhandlungen über die weitere Umgestaltung der Kölner Bahnhofsanlagen gab die Entwicklung des Eisenbahnnetzes auf dem rechten Rheinufer in der Nähe Kölns. Hier hatte bereits im Jahre 1865 die Bergisch-Märkische Eisenbahngesellschaft den Bau einer von der Düsseldorf-Elberfelder Linie bei Haan (Gruiten) abzweigenden Linie, welche die Doppelstadt Elberfeld-Barmen in kürzester Verbindung mit Köln bringen sollte, begonnen und versucht, die Genehmigung zur Mitbenutzung der vorhandenen Rheinbrücke für ihre Personenzüge zu erlangen. Dieser Plan scheiterte jedoch an dem Widerspruche der Eigenthümerin der Brücke, der Köln-Mindener Eisenbahn, die den Wettbewerb der anderen Gesellschaft fürchtete. Daher konnte die Bergisch-Märkische Zweigbahn im Jahre 1868 nur bis Mülheim a. Rh. eröffnet werden. In den folgenden Jahren wurde sie nach Deutz verlängert, und zwar wurde 1872 ein vorläufiger Endbahnhof (bei J in Abb. 3 Bl. 33 u. 34) und erst 1882 der endgültige Personenbahnhof „Deutz-Schiffbrücke" (bei K) eröffnet. Erst nach der Verstaatlichung der Bergisch-Märkischen Bahn ist die Linie dann noch weiter verlängert worden bis zum Anschlufs an die Deutz-Giefsener Bahn bei Kalk (eröffnet 1886, Abb. 4 Bl. 33 u. 34).

Die Bergisch-Märkische Bahn verfolgte jedoch ihre Absicht auf das linke Rheinufer in die Stadt Köln vorzudringen weiter, indem sie 1871 der Staatsregierung den Plan zur Herstellung einer zweiten im Süden Kölns anzulegenden Rheinbrücke mit einem besonderen, von dem Rheinischen unabhängigen Bahnhof im Westen der Stadt vorlegte. Die Staatsregierung veranlafste infolge dessen von neuem Verhandlungen zwischen den drei grofsen Eisenbahngesellschaften, um die Herstellung eines gemeinschaftlichen Bahnhofs für alle das linke Rheinufer bei Köln berührenden Personenzüge durchzusetzen. Gegen einen in diesem Sinne von der Bergisch-Märkischen Bahn umgearbeiteten Entwurf eines neuen gemeinschaftlichen Bahnhofs im Westen der Stadt erhob die Rheinische Eisenbahn lebhaften Widerspruch, da sie nicht gesonnen war, ihre bevorzugte Lage am Dom im verkehrsreichsten Theil der Stadt aufzugeben. Ebensowenig

war sie auch geneigt, die Züge der Bergisch-Märkischen Bahn oder eine vermehrte Zahl von Zügen der Köln-Mindener Bahn in ihren Personenbahnhof aufzunehmen, da derselbe wegen der bevorstehenden Mehrbelastung durch die Vergröfserung des eigenen Bahnnetzes hierzu nicht imstande sei. Wohl wies sie auf die Möglichkeit hin, dafs die anderen Gesellschaften einen neuen Personenbahnhof neben dem ihrigen errichten könnten. Doch wurde auch dieser Plan nicht weiter verfolgt, da die Köln-Mindener Eisenbahn sich gegen die Mitbenutzung der Rheinbrücke durch die Bergisch-Märkische wehrte. Da nun während dieser Verhandlungen auch die Frage einer Hinausschiebung der Festungswerke der Stadt Köln in Flufs gekommen war, bis zu deren Klärung keine Entscheidung über neue Bahnanlagen in Köln getroffen werden konnte, so nahm die Bergisch-Märkische einstweilen auch von der Verfolgung ihres Planes, in Köln einen eigenen Bahnhof zu errichten, Abstand.

Eine neue Anregung zur Einführung weiterer Züge vom rechten Rheinufer nach Köln ging dann von der Rheinischen Eisenbahn-Gesellschaft selbst aus. Nachdem dieselbe bereits im Jahre 1864 im Süden durch die Eröffnung der Coblenzer Rheinbrücke und 1865 im Norden durch die Eröffnung der Bahn Hochfeld-Speldorf-Essen auf dem rechten Rheinufer festen Fufs gefafst und sich dort mehr und mehr ausgebreitet hatte, hatte sie sich im Jahre 1873 eine grofse Zahl neuer Linien auf dem rechten Rheinufer genehmigen lassen. Von diesen wurde besonders die Herstellung der Nordsüdlinie von Speldorf nach Troisdorf, welche 1874 dem Verkehr übergeben wurde und zusammen mit der schon 1870 und 1871 eröffneten Strecke Troisdorf-Niederlahnstein eine Parallelbahn zu der linksrheinischen Linie Crefeld-Coblenz bildete, eifrig betrieben (Abb. 3, Bl. 33 u. 34). Dieselbe ging in etwa 3,5 km Entfernung von Köln vorbei, ohne in der Nähe einen Anschlufs an das linksrheinische Netz zu haben. Allerdings hatte sich die Rheinische Eisenbahn 1873 gleichfalls die Genehmigung zum Bau einer festen Rheinbrücke im Norden der Stadt Köln ertheilen lassen. Da indessen die Lage dieser Brücke für ihre Personenzüge insofern ungünstig gewesen wäre, als der Hauptbahnhof dann auch für diese Linien Kopfbahnhof geworden wäre, so knüpfte sie 1874 mit der Köln-Mindener Bahn Verhandlungen über die Genehmigung zur Mitbenutzung der vorhandenen Rheinbrücke an. Diese scheiterten jedoch daran, dafs die letztere als Gegenleistung nicht allein die Einführung sämtlicher Köln-Mindener Züge in den Rheinischen Personenbahnhof, sondern auch Zusicherungen, die den Wettbewerb der Rheinischen Bahn im Ruhrbezirk einschränken sollten, verlangte. Als infolge dessen die Rheinische Eisenbahngesellschaft 1875 sich an den Handelsminister wandte, um durch dessen Vermittlung die Nachbargesellschaft „im allgemeinen Verkehrsinteresse“ zur Einräumung des Mitbenutzungsrechtes zu zwingen, benutzte dieser die Gelegenheit, die Einführung der Bergisch-Märkischen Züge gleichfalls wieder anzuregen. Bei den hierüber geführten Verhandlungen wurde die Leistungsfähigkeit der Rheinbrücke für den gesamten Verkehr von den Technikern aller drei Verwaltungen ausdrücklich anerkannt, dagegen die des Kölner Bahnhofs in dem damaligen Zustande verneint. Auf Anordnung des Ministers wurde nun zunächst von den Technikern der Rheinischen Bahn und hierauf von dem der Köln-Mindener Bahn angehörigen Oberbaurath Funk im August 1876 ein neuer Entwurf für einen gemeinschaftlichen Bahnhof bearbeitet. Letzterer enthielt bereits die Grundzüge des zur Ausführung gelangten Planes. Insbesondere zeigt derselbe die Form eines Inselbahnhofs, bei welchem die Wartesäle und die Abfertigungsräume in zwei verschiedenen Gebäuden, und zwar die ersteren in Bahnsteighöhe mitten zwischen den theils durchgehenden, theils stumpf endigenden Gleisen, und die letzteren einige Meter tiefer in Höhe der städtischen Strafsen aufserhalb des Bahnkörpers untergebracht sind.

Dieser Plan fand im allgemeinen die Zustimmung aller Betheiligten. Nur eine wichtige Frage blieb ungelöst: die Vertheilung der Kosten auf die betheiligten Verwaltungen. Vor allem leugnete die Rheinische Eisenbahn, ein erhebliches Interesse an dem Neubau zu haben, indem sie behauptete, dafs der bestehende Bahnhof für ihre eignen Zwecke ausreiche und dafs die durch Kreuzung der städtischen Strafsen in Schienenhöhe sich ergebenden Mifsstände keineswegs so grofs seien, dafs ihr zu deren Beseitigung so bedeutende Ausgaben zugemuthet werden könnten.

4. Der Umbau nach der Verstaatlichung der Privatbahnen (Abb. 4 Bl. 33 u. 34). Diese kaum zu überwindenden Schwierigkeiten wurden durch den in dieser Zeit eingeleiteten und im Jahre 1879 zum Abschlufs gebrachten Erwerb der Köln-Mindener und der Rheinischen Eisenbahngesellschaft durch den Staat beseitigt, indem nunmehr die Staatsregierung die Ausführung des Umbaues auf Staatskosten in die Hand nahm. Indessen führte die Frage der zweckmäfsigsten Anordnung und der günstigsten Lage des Personenbahnhofs noch zu längeren Verhandlungen, sowie zu lebhaften Erörterungen im Abgeordnetenhause, in der Bürgerschaft und in der Presse. So wurde, um die neue Anlage in gröfserem Umfang ausführen zu können, vorgeschlagen, den Personenbahnhof in das Gebiet der Stadterweiterung, deren Zustandekommen inzwischen durch den Beschlufs, die Festungswerke hinaus zu schieben, gesichert war, zu verlegen und an der Stelle des alten Personenbahnhofs einen Zwischenbahnhof für die vom rechten Rheinufer kommenden Züge zu belassen. Anderseits wurde der Versuch gemacht, unter Beibehaltung der Lage am Dom die Leistungsfähigkeit des Bahnhofs in betriebstechnischer Hinsicht dadurch zu erhöhen, dafs die Inselform aufgegeben und die mittleren Kopfgleise, die nach dem bisherigen Entwurf auf beiden Seiten des Inselgebäudes (Wartesaalgebäudes) endigten, durchgeführt wurden. Der Vortheil des früheren Entwurfes mit grofsem Mittelbahnsteig, einen Uebergang der Reisenden zwischen den verschiedenen Zügen ohne Gleisüberschreitung und ohne Treppensteigen zu ermöglichen, wäre hierbei aufgegeben. Letzteres wurde jedoch mit Rücksicht darauf, dafs Köln einen besonders starken Durchgangsverkehr besitzt und dafs fast alle durchfahrenden Reisenden hier den Zug wechseln müssen, für so wichtig gehalten, dafs wieder auf die Form des Inselbahnhofs zurückgegangen wurde. Nachdem sich auch die Kölner Stadtverordnetenversammlung für die Beibehaltung der Lage am Dom ausgesprochen hatte, kam Ende Januar 1883 zwischen der Staatsregierung und der Stadt Köln ein Vertrag über die Umgestaltung der Bahnanlagen in Köln zustande. Die Staatsregierung verpflichtete sich durch denselben, nicht allein den Personenbahnhof, sondern die gesamten Bahnanlagen innerhalb der in Aussicht genommenen neuen Umwallung nach einem Plan, welcher die Interessen der Stadt Köln und insbesondere die beabsichtigte Stadterweiterung in hohem Mafse berücksichtigte, umzubauen, während die Stadt zu den Kosten einen Beitrag von einer halben Million Mark zu leisten übernahm. Durch Gesetz vom 21. März 1883 wurden

24 Millionen Mark staatsseitig hierfür bereitgestellt. Die hiernach sich ergebende Gesamtsumme von 24,5 Millionen Mark zeigte sich jedoch bald als unzureichend, da infolge des mächtigen Emporblühens der Stadt Köln in den nächsten Jahren nicht allein der Werth des Grund und Bodens, die Preise der Baumaterialien und die Arbeitslöhne bedeutend stiegen, sondern auch die Anforderungen an die Gröfse und die künstlerische Durchbildung der Anlagen wuchsen. Infolge dessen wurden durch Gesetz vom 6. Juni 1892 weitere 7,4 Millionen Mark bewilligt. Von den Gesamtausgaben von 31,9 Millionen entfallen etwa 11 Millionen auf Grunderwerb. Aus den Veräufserungen der durch den Umbau frei gewordenen Flächen wird dagegen auf einen Erlös von etwa 6 Millionen Mark gerechnet.

Die Eröffnung der neuen Anlagen ist stückweise erfolgt. Zuletzt wurde das Vordergebäude des Hauptbahnhofs (im Mai 1894) dem öffentlichen Verkehr übergeben.

II. Allgemeine Beschreibung des Umbauplanes.

(Abb. 5 u. 6 Bl. 33 u. 34.)

Die Grundzüge des zur Ausführung gelangten Entwurfs sind folgende:

1. Von der Erbauung einer zweiten Rheinbrücke ist Abstand genommen, sodafs sowohl der Personen- wie der Güterverkehr von und nach dem rechten Rheinufer über die beiden Gleise der alten Rheinbrücke geleitet wird. Die Einführung der ehemals Bergisch-Märkischen Linie und der Rheinischen Linie von Speldorf nach Niederlahnstein ist durch Anschlüsse an die beiden Köln-Mindener Linien ermöglicht (vgl. Abb. 4 Bl. 33 u. 34). Die Bergisch-Märkische nach Elberfeld führende Bahn hat nämlich bei Mülheim a. Rh. 5 km von Köln Anschlufs an die Köln-Mindener Stammlinie erhalten. Von der Linie Speldorf-Niederlahnstein ist der nördliche Zweig in die Bergisch-Märkische Bahn bei Opladen (20 km von Köln) und der südliche Zweig in die Deutz-Giefsener Bahn bei Troisdorf (17 km von Köln) eingeführt. Das Zwischenstück Opladen-Troisdorf der früheren Rheinischen Bahn wird von Opladen bis Urbach, wo dasselbe an die Deutz-Giefsener Bahn anschliefst, nur von Güterzügen, von Urbach bis Troisdorf zur Zeit gar nicht benutzt (vgl. Centralblatt d. Bauv., Jahrg. 1887, S. 355).

Sämtliche Personenzüge von Düsseldorf, Giefsen, Elberfeld, Speldorf und Niederlahnstein mit Ausnahme weniger Sonntagszüge fahren zur Zeit in den Bahnhof Köln ein. Der alte Endbahnhof Deutz der Köln-Mindener Bahn (*F* in Abb. 5 Bl. 33 u. 34) ist für den Personenverkehr geschlossen, der Bahnhof „Deutz-Schiffbrücke“ der ehemals Bergisch-Märkischen Bahn besteht noch. In denselben laufen aufser einigen Sonntagszügen die Züge der vormals Bergisch-Märkischen Nebenbahn Immekeppel-Bensberg-Mülheim-Deutz ein. Ferner sind einige Anschlufszüge zwischen Mülheim und Kalk über Deutz-Schiffbrücke eingerichtet, die den Bewohnern des rechten Rheinufers ermöglichen, in Mülheim auf die nach Norden und in Kalk auf die nach Süden führenden Bahnen zu gelangen.

2. Von der Rheinbrücke ab ist die Bahnlinie soweit gehoben, dafs sämtliche Strafsen innerhalb der Umwallung — 21 an der Zahl — unterführt werden konnten. Die Lichtquerschnitte der verschiedenen Unterführungen sind in Nr. 2 bis 27 Bl. 33 u. 34 an den entsprechenden Stellen angedeutet. Bei schiefwinkligen Bauwerken sind die schiefen Lichtweiten in Klammern beigefügt. Die Gewinnung der erforderlichen Lichthöhe machte nur bei dem am westlichen Ende des Hauptbahnhofs gelegenen Strafsenzuge Marzellenstrafse-Eigelstein (Nr. 5 in Abb. 6 Bl. 33 u. 34), der bislang in gleicher Höhe mit den Schienen gelegen hatte und zu den verkehrsreichsten in Köln gehört, einige Schwierigkeiten. Obgleich die Strafse unter Aufwendung grofser Kosten zur Entschädigung der Anwohner bis zu 2 m gesenkt wurde, war es doch zur Erreichung der erforderlichen Lichthöhe nöthig, den Gleisen von der Mitte der Rheinbrücke ab bis zur ersten Bahnhofsweiche eine Steigung von 1 : 275 und von da ab durch den ganzen Personenbahnhof hindurch bis zu dieser Unterführung eine Steigung von 1 : 400 zu geben.

3. Der Haupt-Personenbahnhof ist im wesentlichen an seiner alten Stelle verblieben. Er hat jedoch eine Vergröfserung des Bahnplanums von 1,76 Hektar auf 4,27 Hektar (gemessen zwischen Rheinbrücke und Eigelstein) erfahren.

4. Für die Linien von Bingen und Trier und für die von Aachen und Crefeld ist je ein besonderes Gleispaar bis zum Hauptbahnhof durchgeführt. Beide Gleise laufen in der Altstadt, also vom Hauptbahnhof bis zum Hansaring (Nr. 10 in Abb. 6 Bl. 33 u. 34) nebeneinander. Der Bahnkörper ist hier wegen des hohen Preises des Grund und Bodens aus massiven Viaducten hergestellt. Am Hansaring schwenkt die Aachen-Crefelder Linie nach rechts, die Bingener nach links ab.

5. Die erstere gewinnt bald durch Gegenkrümmungen wieder den Anschlufs an die alte Lage. Hierbei senkt sie sich mit 1 : 200, durchbricht die Umwallung fast rechtwinklig und spaltet sich hinter derselben in die beiden Richtungen nach Aachen und nach Crefeld. Unmittelbar hinter diesem Spaltungspunkte münden die Gütergleise in die Personengleise ein. Mehrfache Gleiskreuzungen in Schienenhöhe liefsen sich an dieser Stelle nicht wohl vermeiden, da durch die für das Festungsgebiet geltenden Rayonvorschriften die Herstellung umfangreicher Dämme zur Gewinnung von Unter- und Ueberführungen fast unmöglich gemacht wird.

Zur Sicherung dieses Punktes ist hier daher eine besondere Zugmelde-Station „Grofskreuz“ eingerichtet. Hinter „Grofskreuz“ ist auch eine eingleisige Verbindungscurve zwischen der Aachener und der Crefelder Linie eingelegt.

6. Die Bingener Linie legt sich, nachdem sie von der Aachener Linie in grofsem Bogen abgeschwenkt ist, unter annähernder Beibehaltung ihrer Höhe an die innere Seite der Umwallung. Auf dieser Strecke sind zwei Personenhaltestellen, Köln-West und Köln-Süd, angelegt (näher beschrieben im Centralblatt der Bauverw., Jahrg. 1891, S. 285). Dicht vor dem Durchbruch durch die Umwallung, welcher im Südwesten der Stadt unter einem Winkel von etwa 50° erfolgt, beginnt die Linie sich mit 1 : 400 und auf kurze Strecke (100 m) mit 1 : 200 zu senken und gewinnt dadurch etwa 1 km hinter der Umwallung den Anschlufs an die alte Linie.

7. In der Gabelung des Bingen-Trierer und des Aachen-Crefelder Gleispaares jenseits des Hansaringes ist der Betriebsbahnhof für den Personenverkehr, in welchem die Aufstellung, Reinigung und Zusammensetzung der leeren Personenzüge, auch die Abwicklung des Eilgut- und des gröfsten Theiles des Postpäckerei-Verkehrs erfolgt, angelegt. Seine Grundfläche beträgt 10,4 Hektar gegen 2,8 Hektar der alten Anlage. Die Verbindung desselben mit dem eigentlichen Personenbahnhof erfolgt durch ein besonderes Gleispaar, das zwischen den Bingen-Trierer und den Aachen-Crefelder Hauptgleisen liegt. In die-

sem Zwickel befindet sich auch in unmittelbarer Nähe des Locomotivschuppens für den Personenverkehr der Güterzuglocomotivschuppen. Der Fufsboden desselben, sowie die den Betriebsbahnhof durchschneidenden Aachen-Crefelder Gütergleise liegen jedoch um etwa 5,7 m niedriger als die übrigen Anlagen.

8. Der Haupt-Güter- und Verschubbahnhof Köln-Gereon ist gleichfalls im wesentlichen auf der alten Stelle an der Innenseite des von den Bingener Personengleisen gebildeten grofsen Bogens geblieben, jedoch durch die Stadterweiterung in das Innere der neuen Umwallung einbezogen. Derselbe ist von 19 Hektar Grundfläche auf 30 Hektar vergröfsert.

9. Die südwestliche kleinere Hälfte dieses Bahnhofes, d. i. die zwischen der Gladbacher und der Aachener Strafse (Nr. 19 und Nr. 22 in Abb. 6 Bl. 33 u. 34) neben den Bingener Hauptgleisen und der Personenhaltestelle Köln-West gelegene Fläche nehmen die Aufstellungsgleise für einfahrende Güterzüge ein. Dieselben liegen in gleicher Höhe mit den Hauptgleisen und sind mit denselben am südwestlichen und am nordöstlichen Ende verbunden. Die südliche Verbindung dient für die Ein- und Ausfahrt der Güterzüge der Richtung Bingen, die nördliche dagegen für die vom rechten Rheinufer kommenden Güterzüge. Letztere benutzen daher, um in den Güterbahnhof Köln-Gereon zu gelangen, von der Rheinbrücke bis zur Gladbacher Strafse die Bingener Hauptgleise.

10. Die nordöstlich von der Gladbacher Strafse gelegene gröfsere Bahnhofshälfte umfafst im wesentlichen die Verschubgleise und den Ortsgüterbahnhof. Dieser Theil fällt von der Gladbacher Strafse ab anfangs mit 1:200, dann mit 1:400, sodafs die am nordöstlichen Ende einmündenden Aachen-Crefelder Gütergleise unter den Bingener Hauptgleisen hindurchgeführt werden können (bei Nr. 17 in Abb. 6 Bl. 33 u. 34).

11. Neben den Bingener Hauptgleisen in der Nähe des Durchbruchs derselben durch die Umwallung ist ein weiterer Orts-Güterbahnhof Köln-Süd unmittelbar neben der gleichnamigen Personenhaltestelle angelegt. Derselbe ist durch ein besonderes den Bingener Hauptgleisen parallel laufendes Gleis mit dem Bahnhof Köln-Gereon, von welchem aus derselbe sämtliche Wagen zugeführt erhält, verbunden.

12. Das eben genannte Verbindungsgleis zwischen Köln-Gereon und Köln-Süd ist durch die Umwallung (bei Nr. 26 u. 27 der Abb. 6 Bl. 33 u. 34) hindurchgeführt und folgt derselben bis ans Rheinufer, wobei die städtischen Thorstrafsen in Pflasterhöhe gekreuzt werden. Den Endpunkt dieser Hafenbahn werden die im Bau begriffenen städtischen Werft- und Hafenanlagen bilden. An dieser Bahn ist noch ein Ortsgüterbahnhof Köln-Bonnthor angelegt, der gleichfalls von Köln-Gereon bedient wird.

13. Der alte Endbahnhof der Bonner Linie, Köln-Pantaleon (*D* auf Abb. 1 u. 5 Bl. 33 u. 34), ist infolge dessen aufgehoben. Ebenso wird die Rheinstation, der alte Endbahnhof der Linie Köln-Aachen (*B* auf Abb. 1 u. 5 Bl. 33 u. 34), binnen kurzem aufgehoben werden, sobald die städtischen Hafenanlagen im Süden der Stadt fertiggestellt sein werden. Zur Zeit wird die letztgenannte Station unter Benutzung der vorübergehend wieder hergestellten alten Crefelder Linie vom Bahnhof Nippes aus bedient.

14. Gang der Bauausführung. Bevor zu der Einzelbeschreibung übergegangen wird, mag noch einiges über den Gang der Bauausführung gesagt werden, da die Rücksichtnahme hierauf in mehreren Punkten den Entwurf beeinflufst hat.

Eine vorläufige Verlegung des Personen- und des Güterbahnhofes, um deren Flächen für den Neubau von vornherein verfügbar zu machen, zeigte sich unter den vorliegenden Verhältnissen nicht durchführbar. Daher mufste der Umbau in der Weise vorgenommen werden, dafs unter kleinen Verschiebungen der alten Anlage zunächst auf den zur Erweiterung bestimmten Flächen ein Theil der Neuanlage hergestellt und in Benutzung genommen wurde. Die hierdurch erreichte Entlastung der alten Anlage gestattete eine entsprechende Einschränkung derselben und weiteren Ausbau der Neuanlage. Die Ausführung einer gröfseren Zahl vorläufiger Einzelbauten war hierbei allerdings nicht zu vermeiden.

In dieser Weise wurde zunächst von der Rheinbrücke beginnend der nordöstliche Theil der Neuanlage, nämlich:

a) der an der Maximinenstrafse — also auf der dem Stationsgebäude abgewandten Seite — liegende Theil des Hauptpersonenbahnhofs (Abb. 2 auf Bl. 35);

b) diejenige Hälfte der Viaducte in der Altstadt, welche jetzt die Aachen-Crefelder Personengleise trägt, ferner

c) ein Theil des Betriebsbahnhofs einschliefslich des Wagenschuppens, des einen Flügels des Eilgutschuppens und des tiefliegenden (für den Güterzugdienst bestimmten) Locomotivschuppens, endlich

d) der Anschlufs an die alte Aachener und Crefelder Linie ausgebaut.

Die zunächst fertiggestellte Hälfte des neuen Personen-Bahnhofs erhielt aufser den endgültigen Gleisen Nr. 6b, VII, VIII und 9 noch ein vorläufiges Kopfgleis neben 6b (Abb. 2 Bl. 35) und reichte damit für die Aufnahme der Aachener und Crefelder Züge, sowie der Züge des rechten Rheinufers, deren Zahl damals noch beschränkt war, vollständig aus. Die Bahnsteige wurden gröfstentheils durch hölzerne Hallen überdeckt. Der Bingener und Trierer Verkehr verblieb noch eine Zeit lang im alten Bahnhof, und das alte Bahnhofsgebäude wurde so lange für die Fahrkartenausgabe, die Gepäckabfertigung und die Wartesäle weiter benutzt. Von hier aus gelangten die Reisenden, welche die Aachener, die Crefelder und die rechtsrheinischen Züge benutzen wollten, über eine breite Holztreppe auf den neuen, um 3 m höher gelegenen Bahnhofstheil, während das Gepäck und die Postsendungen einen durch Dampf betriebenen vorläufigen Aufzug oder eine mit etwa 1:25 steigende Rampe benutzten.

Auf der westlichen Hälfte der Rheinbrücke mufste einige Monate vor und nach der Ueberleitung des rechtsrheinischen Verkehres auf den neuen Bahnhof eingleisiger Betrieb stattfinden, um die Gleise hier höher legen zu können. Die rechtsrheinischen Güterzüge gelangten während dieses Abschnittes nur auf gröfserem Umwege in den alten Güterbahnhof Gereon. Dieselben mufsten in der neuen Crefelder Linie bis zur Station Nippes vorfahren und dann in der bisherigen Crefelder Linie (in Abb. 5 Bl. 33 u. 34 gestrichelt) zurücksetzen.

Nachdem der alte Personenbahnhof von dem Aachener, dem Crefelder und dem rechtsrheinischen Verkehr entlastet war, konnte derselbe eingeschränkt und die Neuanlage unter Benutzung des hierdurch verfügbar gewordenen Geländes so erweitert werden, dafs drei weitere Kopfgleise für den linksrheinischen Verkehr in vorläufiger Lage gewonnen wurden (schraffirte Fläche in Abb. 2 Bl. 35). Dieselben wurden zunächst am Eigelstein an das bereits im ersten Bauabschnitte hergestellte östliche Gleispaar, also dasjenige, welches jetzt ausschliefslich dem Aachen-

Crefelder Verkehr dient, angeschlossen. Gleichzeitig wurden die neuen Bingener Hauptgleise am Hansaring mit diesem Gleispaar verbunden. Hierzu war es erforderlich, die noch bestehenden alten Aachen-Crefelder Gütergleise (im Stadtplan Abb. 5 Bl. 33 u. 34 gestrichelt) mittels hölzerner Ueberbrückung zu überschreiten. Dann wurde auch der Bingener Verkehr in den neuen hochgelegenen Theil des Personenbahnhofs eingeführt und der Rest der Gleise des alten Hauptbahnhofs aufgenommen. Bald wurde auch das alte Bahnhofsgebäude beseitigt, nachdem für dasselbe in folgender Weise ein vorläufiger Ersatz geschaffen war. (Abb. 2 Bl. 35). Die Fahrkarten-Ausgabe und die Gepäckabfertigung wurden in den Viaducträumen, die unter dem zuerst hergestellten Theil des Bahnhofs an der neuen Maximinenstrafse in grofser Ausdehnung hergestellt waren, untergebracht.

ders hohe Anforderungen stellte, leuchtet ein. Die häufigen Aenderungen in der Betriebsweise, die Einführung neuer und die Abschaffung alter Signale machten in kurzen Zeitabschnitten eine grofse Zahl neuer Dienstanweisungen erforderlich. Die Abwicklung des Güterverkehrs zum Theil in den alten tiefliegenden und zum Theil in den neuen hochliegenden Gleisen bedingte zahlreiche, oft recht umständliche Fahrten zur Verbindung beider Theile. Dank der Aufmerksamkeit aller Betheiligten ist es gelungen, die Ueberführung von dem alten in den neuen Zustand ohne irgend einen erheblichen Unfall oder eine nennenswerthe Verkehrsstörung durchzuführen.

Bei der nachfolgenden Besprechung von Einzelheiten mufs, da für die Veröffentlichung nur ein beschränkter Raum zur Verfügung steht, darauf verzichtet werden, auf die Hochbauten

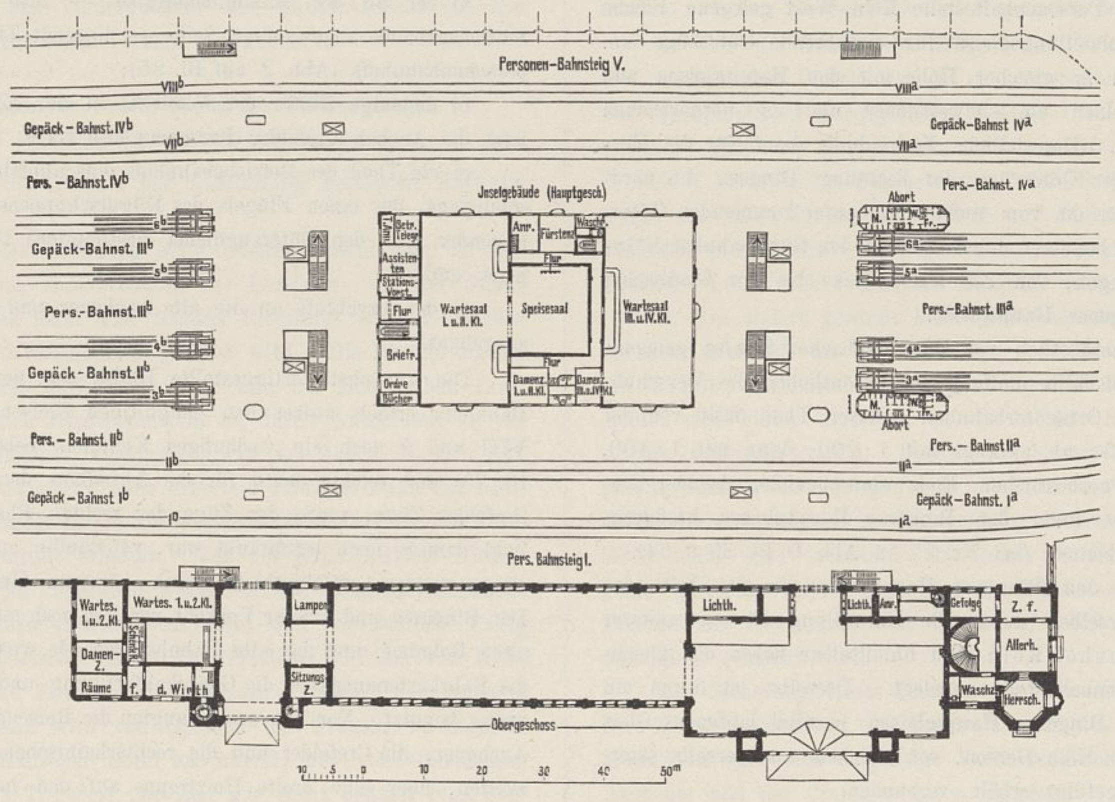


Abb. 1. Grundrifs in Höhe des Bahnsteigs.

Empfangsgebäude auf dem Hauptbahnhofe in Köln.

Die Zufahrt bildete die genannte Strafse, die neu erbaut und dem Eingang zum Bahnhof gegenüber durch einen 57 m langen und 31 m breiten Platz zur Aufstellung von Droschken vorläufig erweitert war. Auf die Bahnsteige gelangte man durch vorläufige Treppen, die in den bereits fertiggestellten Theil der neuen Personentunnel eingebaut waren. Die Wartesäle waren in ähnlicher Weise wie bei der endgültigen Ausführung, jedoch nur in der Ausdehnung der alten Wartesäle in einem besonderen Gebäude, das auf dem Bahnsteig aus Fachwerk südöstlich von der Baustelle des neuen Wartesaalgebäudes errichtet war, untergebracht. Für die Stationsdiensträume war ein besonderes kleines Gebäude nordwestlich vom späteren Inselgebäude auf dem Bahnsteig hergestellt. Nach Inbetriebnahme dieser Anlagen konnte der letzte Theil des alten Personenbahnhofs beseitigt werden. — In ähnlicher Weise mufste der Umbau des Güterbahnhofs schrittweise ausgeführt werden.

Dafs diese Art des Umbaues, auf deren Einzelheiten einzugehen zu weit führen würde, an die Betriebsbeamten besonders

des Hauptbahnhofs sowie der Personenbahnhöfe Köln-Süd und Köln-West und auf die Strafsenunterführungen, da diese Theile bereits im Centralbl. d. Bauv. (Jahrg. 1894 S. 217 u. 229 und Jahrg. 1891 S. 285 u. 1890 S. 467) besprochen sind, näher einzugehen.

III. Der Haupt-Personenbahnhof.

(Vgl. Abb. 1 auf Bl. 35.)

1. Gesamtanordnung. Für die Baustelle des Hauptbahnhofs lagen gewisse Grenzpunkte fest. Die Einmündung der rechtsrheinischen Linien war durch die Rheinbrücke gegeben. In der Achse derselben erhebt sich 245 m vom Brückenportal entfernt der Chor des Domes. Diese Lage zwang zu einer scharfen Abschwenkung der Gleise, da gefordert war, dafs der Bahnkörper von der Domterrasse 38 m entfernt bleibe. Weiterhin mufste ein gewisser Abstand von der Mariä Himmelfahrtkirche innegehalten werden. Auch wurde es vermieden, das Gelände des katholischen Priesterseminars anzuschneiden, da der

ganze oder theilweise Ankauf desselben in jener Zeit aufserordentliche Schwierigkeiten gemacht haben würde. Auf der anderen Seite ergab sich die Begrenzung des Bahnhofs durch die zulässigen Grenzen der Krümmung in den von der Rheinbrücke kommenden Gleisen. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse war eine Entfernung zwischen den äufsersten durchgehenden Gleisen von mehr als 72,5 m nicht wohl zu gewinnen. Die gesamte Breite des Bahnhofsplanums ergab sich dann einschliefslich der beiden äufseren Bahnsteige zu 92,5 m.

Da die Baustelle hiernach sehr beengt war, so wurde davon abgesehen, ein bestimmtes Programm für die Aufnahme von Zügen von vornherein festzulegen. Es war vielmehr in dem zwischen der Staatsregierung und der Stadt Köln abgeschlossenen Vertrage vorgesehen, dafs der neue Bahnhof sämtliche in Köln beginnenden und endigenden Züge der linksrheinischen Linien und von den rechtsrheinischen Zügen diejenigen, welche über den Rhein hinüber geführt würden, aufnehmen sollte. Wie viele rechtsrheinischen Züge danach einzuführen seien, war der Zukunft überlassen um so mehr, als hierbei auch die Interessen der damals noch selbständigen Stadt Deutz zu berücksichtigen waren. Wie erwähnt, werden zur Zeit sämtliche regelmäfsig verkehrenden rechtsrheinischen Züge mit Ausnahme der der Nebenbahn nach Immekeppel in den Kölner Bahnhof eingeführt.

Auf der so zur Verfügung stehenden Baustelle sind Gleise und Bahnsteige für die gleichzeitige Aufstellung von 14 Zügen geschaffen. Dieselben sind folgendermafsen angeordnet. (Abb. 1 Bl. 35.) Die an beiden Bahnhofs-Enden einmündenden Hauptgleise entwickeln sich in je acht Bahnhofsgleise. Von diesen sind die beiden äufseren Gleispaare von einem zum anderen Bahnhofs-Ende durchgeführt. Die mittleren vier Gleise endigen dagegen stumpf. Hierdurch ist in der Mitte des Bahnhofs eine geräumige Bahnsteigfläche von 105 m Länge zwischen den Enden der rechtsrheinischen und der linksrheinischen Kopfgleise und von 50 m Breite zwischen den nächstgelegenen durchgehenden Gleisen gewonnen. In der Mitte derselben erhebt sich das sogenannte Inselgebäude (Text-Abb. 1)*), welches die Wartesäle und die Stationsdiensträume enthält, während von jeder der beiden Schmalseiten aus drei Personenbahnsteige sich fingerförmig zwischen die Kopfgleise erstrecken. Da in jedem der durchgehenden Gleise zwei Züge Platz haben, ist die Möglichkeit vorhanden, an diesem Hauptbahnsteig und seinen Ausläufern gleichzeitig zwölf Eisenbahnzüge aufzustellen. Zwischen diesen zwölf Zügen sowie den Wartesälen und den Stationsräumen wickelt sich der Verkehr der Reisenden und Beamten ohne Gleisüberschreitung und ohne Benutzung von Treppen ab.

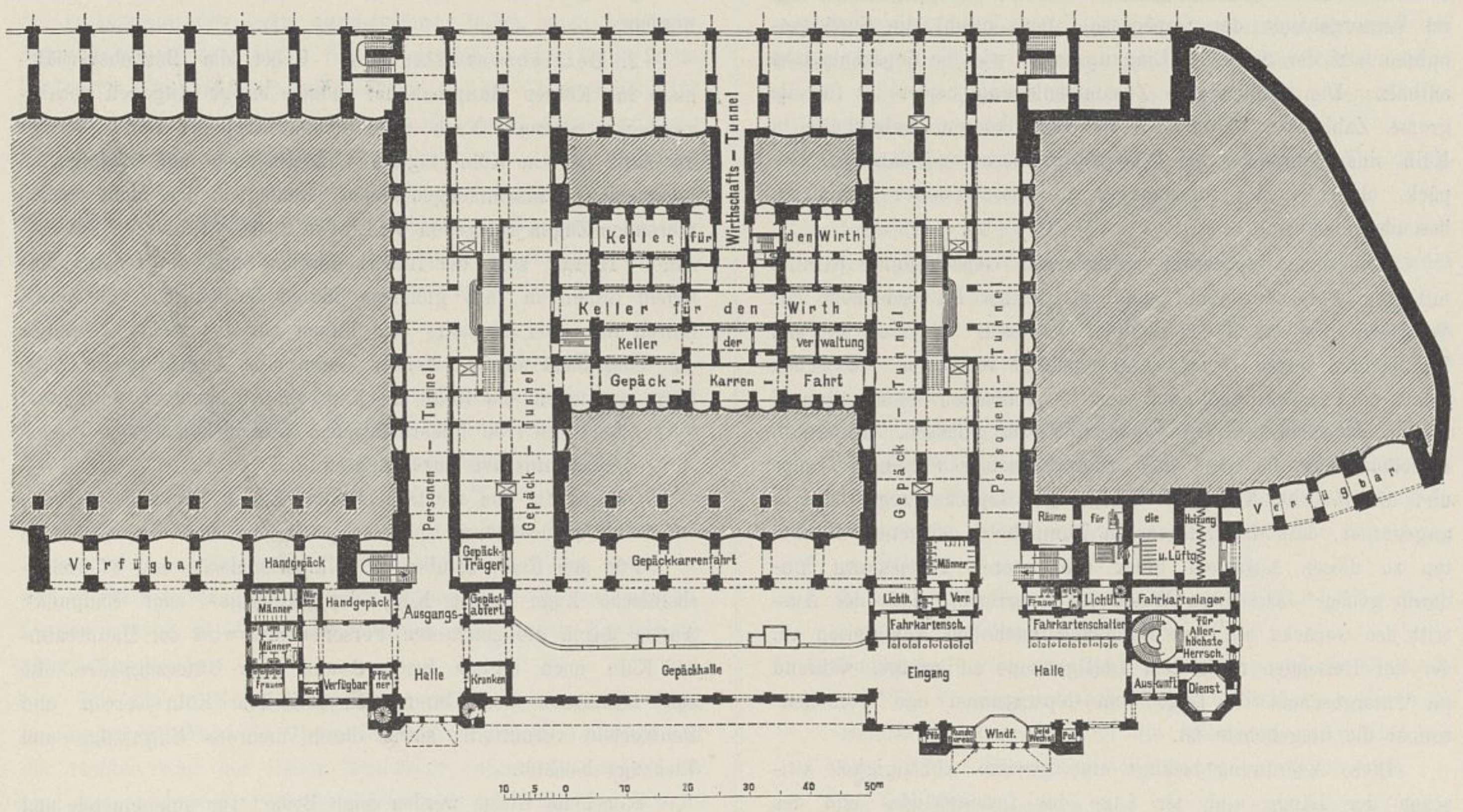


Abb. 2. Grundrifs des Untergeschosses.

Empfangsgebäude auf dem Hauptbahnhofe in Köln.

Die beiden äufseren der durchgehenden Gleise haben an den Aufsenseiten besondere Bahnsteige erhalten. Die Bahnsteige und das Inselgebäude sind durch eine weit gespannte mittlere Halle, deren Binderfüfse zwischen den durchgehenden Gleisen stehen, und zwei kleinere seitliche Hallen in solcher Länge überdacht, dafs die linksrheinischen Kopfgleise 120 m, die rechtsrheinischen jedoch nur 25 m unter die Halle reichen. Die weitere Ueberdachung der rechtsrheinischen Bahnhofshälfte wird binnen kurzem erfolgen, sodafs dann auch von den rechtsrheinischen Kopfgleisen eine Länge von je 140 m überdeckt sein wird.

Um zur Stadt zu gelangen, müssen die Reisenden auf Treppen zu einem der beiden Tunnel, die den Bahnhof in seiner ganzen Breite durchziehen, hinabsteigen (Text-Abb. 2). Die beiden Tunnel münden auf der dem Schwerpunkt der Stadt

*) Text-Abb. 1 u. 2 sind dem Centralblatt d. Bauverwaltung Jahrg. 1894 S. 230 entnommen, wo auch die Hochbauten eingehender beschrieben sind.

zugekehrten Seite in das sogenannte Vordergebäude, welches die Abfertigungsräume enthält und mit dem Bahnhofsvorplatz gleiche Fufsbodenhöhe hat. Die fast dreieckige Gestaltung des Vorplatzes und die einseitige Lage der Hauptzufahrtstrafse (der Trankgasse) wies auf eine unsymmetrische Gestaltung des Vordergebäudes hin. Daher ist derjenige Gebäudetheil, der an der Breitseite dieses Platzes in der Achse des dem Dom zunächst — also in der rechtsrheinischen Bahnhofshälfte — gelegenen Tunnels liegt, wesentlich bevorzugt und als geräumige Eingangshalle ausgebildet. In derselben sind die Fahrkartenschalter angeordnet. Der Gebäudetheil am Ende des zweiten Tunnels ist wesentlich kleiner und wird, da er in der Regel nur von Reisenden, die vom Bahnhof zur Stadt gehen, benutzt wird, als Ausgangshalle bezeichnet.

Zwischen der Eingangshalle und der Ausgangshalle liegt im Vordergebäude der Gepäcksaal, der sowohl die Gepäckannahme (auf der Seite der Eingangshalle) wie die Gepäckausgabe enthält. Die unmittelbare Zusammenlegung beider ist für die grofse Zahl von Reisenden, die nach kurzem Aufenthalte in Köln eine Fahrkarte zur Weiterfahrt lösen und dann ihr Gepäck, ohne es sich aushändigen zu lassen, weiter abfertigen, besonders bequem.

Von dem Gepäcksaal gehen zwei Gepäcktunnel parallel mit den Personentunneln und in gleicher Fufsbodenhöhe mit denselben quer durch den Bahnhof hindurch. Sie sind mit den Bahnsteigen durch Druckwasser-Aufzüge verbunden. Zwischen jedem der Gepäcktunnel und dem benachbarten Personentunnel ist ein Zwischenraum von reichlich 8,0 m gelassen. Innerhalb desselben sind die nach dem Hauptbahnsteig führende Treppe und die für die Kopfgleise bestimmten Gepäckaufzüge derartig angeordnet, dafs die unteren, in Tunnelhöhe gelegenen Zufahrten zu diesen Aufzügen unter dem oberen Treppenarm hindurch gehen. Auf diese Weise ist es erreicht, dafs der Austritt des Gepäcks auf den Bahnsteig nach den Kopfgleisen zu, der der Reisenden nach dem Inselgebäude zu erfolgt, während im Untergeschofs die Lage vom Gepäcktunnel und Personentunnel die umgekehrte ist.

Diese Anordnung bedingt eine gewisse Abhängigkeit zwischen der Länge und der Lage des Inselgebäudes und des Vordergebäudes. Denn sobald die Länge des ersteren feststeht, liegt auch die Entfernung der beiden Tunnel von einander fest, und damit sind die hauptsächlichsten Längenabmessungen des Vordergebäudes gegeben. Die Gesamtlage von Vorder- und Inselgebäude ist mit Rücksicht auf die Umgebung derartig gewählt, dafs einerseits noch ein ausreichender Abstand vom Dom bleibt, anderseits die Ausgangshalle nicht zu sehr von der Mariä Himmelfahrtkirche verdeckt wird. Die rechtsrheinischen Kopfgleise haben hierdurch eine geringere Länge erhalten als die linksrheinischen; doch konnte dieser Mifsstand um so eher in den Kauf genommen werden, als, wie sich nachstehend zeigen wird, die ersteren ohnehin geringere Bedeutung haben als die letzteren.

Zur Aufstellung der Leerzüge und zur Unterbringung der Locomotiven sind aufserhalb des Hauptbahnhofs besondere Anlagen vorhanden. Um die Ein- und Ausfahrt der Leerzüge bei Benutzung der Kopfgleise des Hauptbahnhofs einigermafsen bequem zu gestalten, war die Beschaffung von Aufstellungsgleisen auf beiden Seiten des Hauptbahnhofs geboten. Es ist daher

a) auf der linken Rheinseite, wie erwähnt, hierfür eine gröfsere Anlage der „Betriebsbahnhof" in der Neustadt in der Gabelung der nach Bingen-Trier und der nach Aachen-Crefeld führenden Hauptgleise (vgl. den Uebersichtsplan Abb. 6 Bl. 33 u. 34) geschaffen, während

b) auf dem rechten Rheinufer einige Gleise des Güter- und Vorschubbahnhofs Deutzerfeld, sowie des ehemaligen Personenbahnhofs Deutz hierfür benutzt werden.

In dem zu a genannten Betriebsbahnhof sind auch die Anlagen für den Postpäckerei- und den Eilgutverkehr errichtet. Derselbe ist mit dem Hauptbahnhof durch ein besonderes Gleispaar, das zwischen dem Bingen-Trierer und dem Aachen-Crefelder Gleispaar liegt, verbunden. Dagegen müssen bei den Fahrten zwischen dem Hauptbahnhof und den rechtsrheinischen Aufstellungsgleisen die beiden Hauptgleise (Rheinbrücke) benutzt werden.

2. Betriebsverhältnisse. Ueber die Betriebsverhältnisse im Kölner Hauptbahnhof mögen einige Angaben vorausgeschickt werden. Nach dem Sommerfahrplane 1897 beträgt die Zahl der in Köln täglich ankommenden und abgehenden Personenzüge zusammengenommen, wenn von den nicht täglich fahrenden Zügen abgesehen wird, etwa 240, darunter 90 Schnellzüge. Hieran sind die linksrheinischen und die rechtsrheinischen Linien in fast gleichem Mafse betheiligt. Von diesen fahren nur zwei Zugpaare vom linken auf das rechte Rheinufer und umgekehrt durch. Ferner laufen eine Anzahl dieser Züge Köln an, indem sie Köln als Kopfbahnhof benutzen und zwar:

2 Züge, die von linksrheinischen Linien kommen und nach linksrheinischen zurückkehren und

17 Züge, die von rechtsrheinischen Linien kommen und dahin zurückkehren.

Für den Rest, nämlich 107 linksrheinische und 87 rechtsrheinische Züge bildet Köln den Anfangs- oder Endpunkt. Aufser durch die genannten Personenzüge wird der Hauptbahnhof Köln noch täglich durch 6 und mehr Güterzugpaare, die den Austausch der Güterwagen zwischen Köln-Gereon und Deutzerfeld vermitteln, sowie durch mehrere Eilgutzüge und Viehzüge belastet.

Sämtliche Gleise werden nach Bedarf für ankommende und für abgehende Züge benutzt mit der einzigen Ausnahme, dafs die Abfertigung abgehender Personenzüge auf den Aufsenbahnsteigen vermieden wird. Es dürfte jedoch nicht unzweckmäfsig sein, gewisse Züge wie Arbeiter- und Pilgerzüge oder Sonderzüge dort abzulassen, da für diese die bequeme Verbindung mit dem Wartesaal und den übrigen Gleisen nicht von Belang, dagegen eine Trennung von dem übrigen Verkehr häufig erwünscht ist. Auch für ankommende Personenzüge werden die äufseren Gleise wegen des unbequemen Uebergangs zu den übrigen Zügen weniger benutzt als die übrigen Gleise. Dagegen dienen sie zur Durchführung der Güter- und Eilgutzüge. Die zwischen Köln-Gereon und Deutzerfeld verkehrenden Güterzüge benutzen dabei in beiden Richtungen, also auch in der Richtung Deutzerfeld nach Köln-Gereon das dem Vordergebäude zunächst gelegene Gleis I, da hierbei die Aus- und Einfahrten am westlichen Bahnhofs-Ende weniger gestört werden als bei Benutzung des Gleises VIII.

Auf eine scharfe Trennung der einzelnen Gleise nach Zugrichtungen mufste gleichfalls zur Ermöglichung einer thunlichsten Ausnutzung verzichtet werden, doch ist es naturgemäfs,

dafs die nach der rechten Rheinseite fahrenden oder daher kommenden Züge in der Regel in der südöstlichen und die linksrheinischen Züge in der nordwestlichen Bahnhofshälfte abgefertigt werden. Eine weitere Trennung ergiebt sich auf der linksrheinischen Bahnhofshälfte von selbst dadurch, dafs zur Vermeidung unnöthiger Ueberkreuzung von Zugfahrten der Lage der einmündenden Linien entsprechend die Gleise I bis 4 vorzugsweise für Bingener und Trierer Züge und die Gleise 5 bis VIII für Aachener und Crefelder Züge benutzt werden. Diese Scheidung ist um so eher möglich, da sich hierbei für beide Gleisgruppen fast die gleiche Zugzahl ergiebt. Wenn jedoch zu einzelnen Verkehrszeiten die eine oder andere dieser Gruppen besonders stark belastet ist, so wird das nächstgelegene Gleis der anderen Gruppe für dasselbe mit benutzt. Eine ähnliche Scheidung wird zur Erleichterung des Auffindens der Züge auf der rechtsrheinischen Seite durchgeführt, indem auch hier vorwiegend die Gleise I bis 3 für die südlichen über Kalk-Troisdorf nach Niederlahnstein und Giefsen, und die Gleise 4 bis VIII für die nördlichen über Mülheim a. Rh. nach Düsseldorf und Elberfeld führenden Linien benutzt werden. Für diejenigen Züge, die Köln anlaufen oder den Bahnhof durchfahren, ist bei der Wahl des Gleises diejenige Richtung mafsgebend, in welcher der Zug weiter geht, da eine leichte Auffindung der abgehenden Züge für die Reisenden wichtiger ist, als die der ankommenden.

Bei der Wahl der Gleise für jeden einzelnen Zug ist ferner zu berücksichtigen, ob derselbe in Köln wendet oder weiter fährt. Die wenigen Züge, die von der rechten auf die linke Rheinseite übergehen, sind, wenn umständliche Verschubbewegungen vermieden werden sollen, auf die Benutzung der durchgehenden Gleise angewiesen. Diejenigen Züge, die Köln anlaufen, also auf der linken Rheinseite bleiben, oder, wenn sie von rechtsrheinischen Linien kommen, dahin wieder zurückgehen, können sowohl in den durchgehenden wie in den Kopfgleisen abgefertigt werden.

Für die in Köln endigenden und beginnenden Züge kommt bei der Wahl des Gleises in Betracht, ob die Leerzüge auf der rechten oder der linken Rheinseite aufgestellt werden; sie sind danach entweder den durchfahrenden oder den den Hauptbahnhof anlaufenden Zügen gleichzustellen. Soweit angängig, wird die Aufstellung der Leerzüge auf der linken Rheinseite im „Betriebsbahnhof" vorgezogen. Denn hierbei ist es möglich, den Leerzügen die Post- und Eilgutwagen im Betriebsbahnhof einzusetzen oder zu entnehmen, sodafs der Hauptbahnhof hierdurch nicht belastet wird, während bei denjenigen Leerzügen, die auf der rechten Rheinseite aufgestellt werden, diese Wagen mit besonderer Fahrt zwischen Betriebsbahnhof und Hauptbahnhof befördert und in letzterem den Zügen beigestellt oder entnommen werden müssen. Dazu kommt, dafs die Verbindung des Hauptbahnhofs mit dem Betriebsbahnhof ungleich günstiger ist, als mit den rechtsrheinischen Aufstellungsgleisen. Denn während auf dem linksrheinischen Bahnhofs-Ende drei Gleispaare an den Bahnhof anschliefsen, steht auf der rechten Rheinseite für die fahrplanmäfsigen und die Leerzüge, sowie für die Verschubfahrten nur ein einziges Gleispaar zur Verfügung. Zur Zeit werden sämtliche linksrheinischen Leerzüge und etwas mehr als die Hälfte der rechtsrheinischen Leerzüge im Betriebsbahnhof aufgestellt, und nur die kleinere Hälfte der rechtsrheinischen Leerzüge geht nach den Aufstellungsgleisen auf der Deutzer Seite zurück. Die rechtsrheinischen Kopfgleise sind daher für den Betrieb am wenigsten günstig. Dieses findet seinen Ausdruck in der Ausnutzung der Gleise. Denn zur Zeit werden in den durchgehenden Gleisen 46 v. H., in den linksrheinischen Kopfgleisen 35 v. H. und in den rechtsrheinischen Kopfgleisen nur 19 v. H. der Züge abgefertigt. Vielleicht wird sich dieses Verhältnifs verschieben, wenn durch Herstellung der Bahnsteigüberdachung die Benutzung der rechtsrheinischen Kopfgleise wenigstens für die Mehrzahl der den Bahnhof anlaufenden Züge günstiger geworden ist.

3. Einzelheiten des Gleisplanes. Zu dem Gleisplan*) ist noch folgendes zu bemerken. Die ungünstige Lage der Rheinbrücke in der Achse des nahe gelegenen Domes zwang dazu, um überhaupt noch brauchbare Bahnsteiglängen zu erhalten, bei der Gleisentwicklung auf der rechtsrheinischen Bahnhofshälfte in den Einzelheiten manche Freiheiten zu gestatten, die sonst bei Gleisplänen vermieden werden. Es mufs dabei berücksichtigt werden, dafs im Bahnhof Köln alle Züge langsam fahren. Zu diesen Freiheiten gehört:

1. Anwendung scharfer Krümmungen bis zu 180 m Halbmesser abwärts.
2. Anordnung zweier Weichen so dicht hinter einander, dafs die Spitze der einen Weiche unmittelbar an das Herzstück der vorhergehenden anschliefst.
3. Anwendung von Curvenweichen mit zwei in demselben Sinne gekrümmten Strängen.
4. Anschlufs einer scharfen Krümmung unmittelbar an die Weichenspitze ohne Zwischengerade. Letzteres war um so weniger bedenklich, als auf die Ueberhöhung im äufseren Strang derKrümmungen vollständig verzichtet ist, daher die windschiefe Uebergangsrampe am Ende der Krümmung wegfällt.
5. Zulassung von Gegenkrümmungen für die Einfahrt im Gleis I und die Ausfahrt aus Gleis 3a.
6. Zusammenführung der Gleise 3a und 4a und der Gleise 5a bis VIII in ein gemeinschaftliches Gleisstück, wodurch die Einfahrt in das eine und die gleichzeitige Ausfahrt aus dem anderen Gleis derselben Gruppe unmöglich wird.

Die acht Bahnhofsgleise sind auf dem südöstlichen (rechtsrheinischen) Bahnhofs-Ende sämtlich mit dem Einfahrts- und dem Ausfahrtsgleise, und auf dem nordwestlichen Bahnhofs-Ende mit allen sechs daselbst einmündenden Gleisen (dem Gleispaar nach Bingen und Trier, nach Aachen und Crefeld und nach dem Betriebsbahnhof) verbunden. Gelegenheit zur Aufstellung von Verstärkungswagen ist durch einige Nebengleise auf beiden Bahnhofshälften gegeben.

4. Stellwerke. Die Bedienung sämtlicher Weichen und Signale ist auf beiden Bahnhofs-Enden in je ein Stellwerk zusammengelegt. Die Stellwerkposten besitzen in Anlehnung an englische Vorbilder und in Uebereinstimmung mit der Betriebsweise im alten Kölner Bahnhof verhältnifsmäfsig grofse Selbständigkeit. Deshalb ist Stellwerk II mit einem Stations-Assistenten besetzt. Hier wird der ganze Zugmeldedienst wahrgenommen und die Erlaubnifs zur Einfahrt der Züge ertheilt. Die Signale sind daher in keiner Weise unter dem Verschlufs der Station, ebenso

*) In dem Gleisplan Abb. 6 Bl. 33 u. 34 sind die Aenderungen die mit der Ueberdachung der rechtsrheinischen Bahnsteige ausgeführt werden, bereits berücksichtigt. Der auf Abb. 1 Bl. 35 dargestellte Entwurf ist inzwischen etwas geändert.

wenig wirkt diese bei der Freigabe der Streckenblockirung mit. Dagegen sind die beiden Stellwerke insofern von einander abhängig, als Stellwerk I zur Ertheilung der Einfahrterlaubnifs im Gleis I und II zunächst der elektrischen Freigabe der betreffenden Signalhebel seitens des Stellwerks II bedarf, während letzteres bei der Einfahrt in Gleis VII und VIII an die Zustimmung des Stellwerks I gebunden ist.

Die Verständigung zwischen den Beamten im Stellwerk und auf dem Bahnsteig, die nur bei Unregelmäfsigkeiten erforderlich ist, erfolgt in der Regel durch Zuruf. (Neuerdings ist in einer kleinen Holzbude auf dem Bahnsteig ein Fernsprecher angebracht, der die Verbindung mit dem Stellwerk besorgt.) Um diese Verständigung und die Uebersicht über die Bahnsteige zu erleichtern, ist abweichend von anderen Bahnhöfen das Gebäude für das Stellwerk II (auf der linksrheinischen Bahnhofshälfte) am Ende des Mittelbahnsteigs, also in erheblicher Entfernung von den Eingangsweichen errichtet. Die Lage in der Achse des Bahnhofs hat allerdings den Mifsstand im Gefolge, dafs die Stellwerkbeamten die in der Richtung der Sehlinie sich bewegenden Züge weniger gut verfolgen, daher bei besonders ungünstigem Wetter schwer erkennen können, ob die äufsersten etwa 250 m entfernten Weichen von einem ausfahrenden Zug bereits verlassen sind. In solchen Fällen mufs daher die Rückmeldung des betreffenden Zuges von der nächsten Zugfolgestation (Stellw. III, s. Abb. 6 Bl. 33 u. 34), die übrigens in sehr geringer Entfernung liegt, abgewartet werden, bevor Umstellung der Weichen erfolgt.

Der Fufsboden dieses Stellwerkgebäudes liegt 5,9 m über Schienenoberkante. Es enthält 43 Weichenhebel, durch welche die Weichen mittels doppelten Drahtzuges bewegt werden.

Da aus allen acht Gleisen nach drei Richtungen (nach Aachen-Crefeld, nach Bingen und nach dem Betriebsbahnhof) ausgefahren und in umgekehrter Richtung eingefahren werden kann, so müssen durch die Signaleinrichtungen $3 \times 8 = 24$ Ausfahrt- und ebenso viele Einfahrtwege kenntlich gemacht werden. Dieses ist in einigermafsen einfacher Weise nur durch Anwendung von Haupt- und Wegesignalen zu erreichen. Demgemäfs sind für die Einfahrt entsprechend den drei einmündenden Gleispaaren drei Hauptsignale und entsprechend den acht Bahnhofsgleisen acht Wegesignale aufgestellt. In gleicher Weise besitzt für die Ausfahrt jedes der acht Bahnhofsgleise ein besonderes Ausfahrtsignal, und wird die Richtung, wohin die Ausfahrt stattfindet, durch drei Wegesignale bezeichnet. — Die drei Haupteinfahrtsignale befinden sich auf einer Signalbrücke, die alle sechs Gleise in der Nähe der Plankgasse (Nr. 8 auf dem Uebersichtsplan Abb. 6 Bl. 33 u. 34) überspannt. Alle übrigen Signale sind auf einer zweiten Signalbrücke, die unmittelbar an das Stellwerkgebäude anschliefst und von diesem aus zugänglich ist, angebracht. (S. Abb. 1 Bl. 35.) Die drei Wegesignale für die Ausfahrt stehen also in einer Reihe mit den eigentlichen Ausfahrtsignalen. Sie sind durch höhere Maste und durch ihre Stellung mitten vor dem Stellwerkgebäude von den Ausfahrtsignalen genügend unterschieden. Das Signalbild dieser Signalbrücke ist dadurch sehr übersichtlich, dafs für jedes Gleis ein Mast vorhanden ist, welcher auf der einen Seite den Arm für das Einfahrtwegesignal, auf der andern den Arm für die Ausfahrt trägt. Vier dieser Maste stehen rechts und vier links vom Stellwerkgebäude.

Da für die Stellung jedes Signals ein besonderer Hebel vorhanden ist, so hat das Stellwerk II 22 Signalhebel, nämlich elf für Einfahrt und elf für die Ausfahrt. Endlich sind noch, da die Schubstangen zur Verrieglung der Weichenhebel nicht unmittelbar durch die Signalhebel bewegt werden, Fahrstrafsenhebel vorhanden, nämlich je einer für zwei Fahrwege, also zwölf für die Einfahrt und zwölf für die Ausfahrt. Die Gesamtzahl der Hebel im Stellwerkgebäude beträgt also

43 Weichenhebel,
22 Signalhebel,
24 Fahrstrafsenhebel
89 Stück.

Durch den Bezirk des Stellwerks II werden im Laufe eines Tages fahrplanmäfsig 460 Fahrten gemacht. Dazu kommen zahlreiche Verschubbewegungen. Die Gesamtzahl der Hebelbewegungen wird täglich etwa 12000 betragen.

Für die unterirdische Unterbringung der zahlreichen Weichen und Signalleitungen war bei Anwendung der üblichen Bauarten neben den Schwellenköpfen nicht genügender Raum vorhanden. Die Längsleitungen sind daher gröfstentheils oberirdisch geführt, und zwar in mehreren übereinander liegenden Reihen. Die Rollen, auf welchen dieselben laufen, hängen an Consolen, die an den Pfosten der seitlichen Geländer angeschraubt sind.

Das Stellwerk I auf der rechtsrheinischen Bahnhofshälfte soll nach Ausführung der durch die Errichtung der Bahnsteigüberdachung bedingten Gleisveränderung in der auf dem Uebersichtsplan Abb. 6 Bl. 33 u. 34 dargestellten Lage errichtet und ähnlich wie das Stellwerk II mit einer Signalbrücke verbunden werden.

5. Bahnsteige. Die regelmäfsigere Gestaltung der linksrheinischen Bahnhofshälfte, insbesondere die gleichmäfsige gröfsere Breite derselben gestattete hier die Anordnung besonderer Gepäcksteige. Jeder dieser Gepäcksteige dient für zwei Bahnhofsgleise und ist durch Druckwasser-Aufzüge (im ganzen vier) mit dem die linksrheinische Bahnhofshälfte in ganzer Breite durchziehenden Posttunnel verbunden. Die Aufzüge für das Reisegepäck sind, wie bereits erwähnt ist, um die Kreuzung der Gepäckkarrenfahrt im Untergeschofs mit den Personen-Tunneln zu vermeiden, näher an das Inselgebäude gerückt. Vier Gepäckaufzüge liegen auf der linksrheinischen und vier auf der rechtsrheinischen Bahnhofshälfte neben den betreffenden Gepäcktunneln. Durch die Anordnung der genannten Gepäcksteige sind die Personensteige vom Gepäck- und Postkarrenverkehr erheblich entlastet, wenngleich eine vollständige Trennung beider Verkehre nicht erreicht ist. Insbesondere ist es von Nutzen, dafs die leeren z. Z. nicht gebrauchten Karren stets auf den Gepäcksteigen aufgestellt werden können.

Die Bahnsteiglänge neben den Kopfgleisen schwankt zwischen 170 und 220 m. Die Breite der Personenbahnsteige auf der linksrheinischen Seite beträgt 9,1 und 9,2 m. Eine Einengung derselben durch Treppenlöcher findet nirgends statt. Nur die Pfosten der Zugweiser und die aufserhalb der Halle stehenden Masten der elektrischen Lampen behindern etwas die freie Bewegung auf diesen Bahnsteigflächen.

Die Breite der Gepäcksteige zwischen den Kopfgleisen ergiebt sich bei einer Gleisentfernung von 8,5 m zu 5,5 m. Hierbei bleibt in der Mitte noch eine Fahrt frei, wenn zu beiden Seiten Gepäckkarren zur Be- oder Entladung stehen. Die Post-Aufzüge sind in denselben so angeordnet, dafs ihre Mitten 3,5 m bezw. 5,0 m von den Gleisachsen entfernt sind. Da die Geländer, die das Aufzugsloch umgeben, 2 m von Mitte zu Mitte entfernt sind,

ergiebt sich neben dem Aufzuge so viel Raum, dafs während der Vorbeifahrt eines Zuges auf der einen Seite ein Mann noch bequem stehen und auf der anderen Seite ein Post- oder Gepäckkarren vorbeifahren kann. Der Gepäcksteig zwischen den durchgehenden Gleisen auf jeder Seite des Bahnhofs ist um 1 m breiter als bei den Kopfgleisen (Gleisentfernung also 9,5 m), weil er hier durch die Füfse der Hallenbinder erheblich eingeschränkt wird. Der Aufsenbahnsteig hat 8 m Breite, wird aber stellenweise durch die Treppenlöcher eingeschränkt.

Am Ende der vier linksrheinischen Kopfgleise sind Druckwasserprellböcke von Hoppe in Berlin aufgestellt. Diese sind schon mehrere Male in Wirkung getreten und haben ihre Aufgabe, einen noch in mäfsiger Bewegung befindlichen Zug ohne allzu heftige Stöfse zum Stehen zu bringen, vollständig erfüllt. Natürlich sind dieselben dem Anprall eines in voller Fahrgeschwindigkeit befindlichen Zuges auch nicht annähernd gewachsen, und daher wird durch Radtaster in den Einfahrtgleisen dauernd darüber gewacht, dafs die Locomotivführer rechtzeitig die vorgeschriebene Ermäfsigung der Geschwindigkeit eintreten lassen. Die rechtsrheinischen Kopfgleise endigen bis jetzt noch in gewöhnlichen Prellböcken. Hier erschien die Aufstellung der vollkommeneren Druckwasser-Prellböcke nicht in gleicher Weise dringlich, weil die lebendige Kraft der Züge bereits durch die um 8,5 m ansteigende rechtsrheinische Brückenrampe, die Steigung von etwa 40 cm im Bahnhof selbst und die scharfen Krümmungen an der Einfahrt erheblich vermindert wird. Doch soll die Aufstellung von Wasserprellböcken nunmehr auch hier erfolgen.

6. Personen-, Gepäck- und Posttunnel. Untergeschofs des Hauptbahnhofs (s. Text-Abb. 2 bis 5). Die allgemeine Anordnung der Personen- und Gepäcktunnel ist bereits unter Nr. 1 dieses Abschnitts besprochen. Insbesondere wurde dort hervorgehoben, dafs die Entfernung der beiden Personentunnel durch die Länge des Inselgebäudes bestimmt wird, ferner dafs die Gepäcktunnel innerhalb der beiden Personentunnel liegen und dafs zwischen jedem Gepäcktunnel und dem benachbarten Personentunnel ein Zwischenraum von etwa 8 m zur Aufnahme der Haupttreppe und zweier Gepäckaufzüge belassen ist. Im einzelnen mag noch folgendes erwähnt werden: Die Personentunnel sind durch den Bahnhof in seiner ganzen Breite hindurchgeführt, um auch den an der Maximinenstrafse gelegenen äufseren Bahnsteig noch mit einer Treppe zugänglich zu machen. Von den beiden in den Text-Abb. 1 und 2 angedeuteten Treppen dieses Bahnsteigs (Bahnsteig V in den Abbildungen) mufste jedoch diejenige, welche von dem auf die Eingangshalle mündenden Tunnel ausgeht, während der ersten Ausführung fortgelassen werden, weil der betreffende Theil des Viaductes in dem ersten Bauabschnitt, wo Vorfahrt und Eingang zum Bahnhof auf der Rückseite desselben lagen, als vorläufige Fahrkartenausgabe (vgl. Abschnitt II unter 14) benutzt wurde. Die nachträgliche Ausführung dieser Treppe ist bis jetzt unterblieben. Daher ist der hintere Theil des betr. Tunnels jenseits der Haupttreppe für den öffentlichen Verkehr vollständig gesperrt. Der zweite, auf die Ausgangshalle mündende Tunnel ist z. Z. auch von der Maximinenstrafse aus zugänglich und als öffentlicher Verkehrsweg für Fufsgänger zur Verbindung der auf beiden Seiten liegenden Stadttheile freigegeben.

Die durch die Binder der Bahnsteighalle gegebene Achstheilung von 8,5 m ist auch im Unterbau durchgeführt. Die Länge des Inselgebäudes umfafst sechs dieser Achsen ($6 \times 8,5 = 51$ m). Hieran schliefsen sich beiderseitig drei überwölbte Achsen von je 8,5 m Weite an. Die inneren bilden die Gepäcktunnel, die äufseren die Personentunnel. In den mittleren liegen die beiden Haupttreppen und die zu den Kopfgleisen gehörigen Gepäckaufzüge. Im übrigen wird die mittlere Achse zur Lagerung von Gepäckstücken, Aufbewahrung von Inventarien und dergl. benutzt.

Die Pfeiler und die Decke aller Tunnel sind massiv hergestellt (Abb. 6 und 7 Bl. 35). Die lichte Weite derselben ergiebt sich aus der Achsweite nach Abzug einer mittleren Stärke der Zwischenpfeiler von 1,5 m zu etwa 7,0 m. Zwischenstützen innerhalb der einzelnen Tunnel sind vermieden. Die Tunnelsohle liegt vom Vordergebäude bis zur Haupttreppe wagerecht in der Höhe des Fufsbodens des Vordergebäudes. Von da ab senkt sie sich rampenartig bis zu der etwa 1 m tiefer liegenden Maximinenstrafse.

Die gesamte Länge jedes Personentunnels beträgt 92,5 m. Die mittlere Höhe, d. h. der Inhalt des lichten Raumes über dem Fufsboden (ohne Berücksichtigung der nach der Maximinenstrafse zu fallenden Rampe) getheilt durch die Grundfläche, beträgt beim Eingangstunnel 3,5 m, beim Ausgangstunnel — der Steigung des Gleises entsprechend — 23 cm mehr (Abb. 6 Bl. 35). Die geringste Lichthöhe ergiebt sich unter den durchgehenden Gleisen und beträgt im Scheitel des Eingangstunnels 3,22 m und an den Kämpfern 2,42 m. An Constructionshöhe waren hier im Scheitel 94 cm erforderlich, wovon 38 cm auf die Gewölbstärke, 10 cm auf die aus einer Klinkerflachschicht und Asphaltfilzplatten bestehende Abdeckung, 33 cm auf das Kiesbett und 13 cm auf die Schienen entfallen. In den Gepäcktunneln ist, weil hier auf reichliche Lichthöhe weniger Werth zu legen war, eine um 30 cm gröfsere Constructionshöhe zugelassen.

Die Gewölbe unter den Bahnsteigen bestehen gröfstentheils aus doppelgekrümmten (kugelförmigen) Kappen, die durch Gurtbogen unterstützt sind (Abb. 6 Bl. 35). Die doppelte Krümmung hat in constructiver Hinsicht den grofsen Vortheil, dafs die Kappen auch dann noch standfähig bleiben, wenn ihnen auf einer Seite das Widerlager entzogen wird, vorausgesetzt, dafs die Stärkenabmessungen ausreichen, um die Uebertragung der Kräfte ausschliefslich in der hierzu rechtwinkligen Richtung zu ermöglichen. Hierdurch wird eine gröfsere Freiheit in der Anordnung von Oeffnungen, wie Treppenlöchern und Oberlichtern gewonnen.

Zur Verblendung der Wände der Personentunnel sind die nämlichen, gegen Witterung und Stöfse gleich widerstandsfähigen glasirten Porzellansteine aus der Fabrik von Villeroy u. Boch in Mettlach wie beim Inselgebäude benutzt. Für die Gewölbe sind jedoch glasirte Verblendziegel, die von den Siegersdorfer Werken in Schlesien bezogen wurden, verwandt, einerseits weil es erwünscht war, hier die Verblendung tiefer einbinden zu lassen, als bei der Verwendung von Porzellansteinen der Fall ist, um das Herausfallen zu verhüten, anderseits weil für die Gewölbe die Verwendung eines billigeren Materials zulässig erschien, als für die den Stöfsen der Vorübergehenden ausgesetzten Wandflächen. Diese glasirten Siegersdorfer Ziegel haben sich jedoch durchweg nicht als wetterbeständig erwiesen, vielmehr blättert bei den meisten derselben offenbar unter der Einwirkung des Frostes nach und nach die obere Schale mit der Glasur ab. Diese Mängel zeigen sich besonders in denjenigen Theilen, wo dem Mörtel mehr Cement zugesetzt und dadurch das Austrocknen des Mauerwerks erschwert ist. Das Wasser hat sich

infolge dessen hinter der Glasur festgesetzt und das Abfrieren derselben veranlafst. In dem zwischen dem Vordergebäude und der Haupttreppe einschl. liegenden Theil der Tunnel sind die Wand- und Gewölbeflächen durch wechselnde Verwendung von weifsem und hellgelbem Grundton und einzelnen Mustern aus dunkelgelben, braunen und blauen Steinen wirkungsvoll belebt, während der hintere zuerst ausgeführte Theil ganz weifs gehalten ist. Die verschiedenartige Behandlung fällt nicht ungünstig auf, scheint vielmehr durch die gröfsere Bedeutung des vorderen Theiles gerechtfertigt. Der Fufsboden besteht in der vorderen Tunnelhälfte aus schwach geriffelten Mettlacher Platten, die sich bis jetzt vorzüglich gehalten haben. Allerdings entspricht der

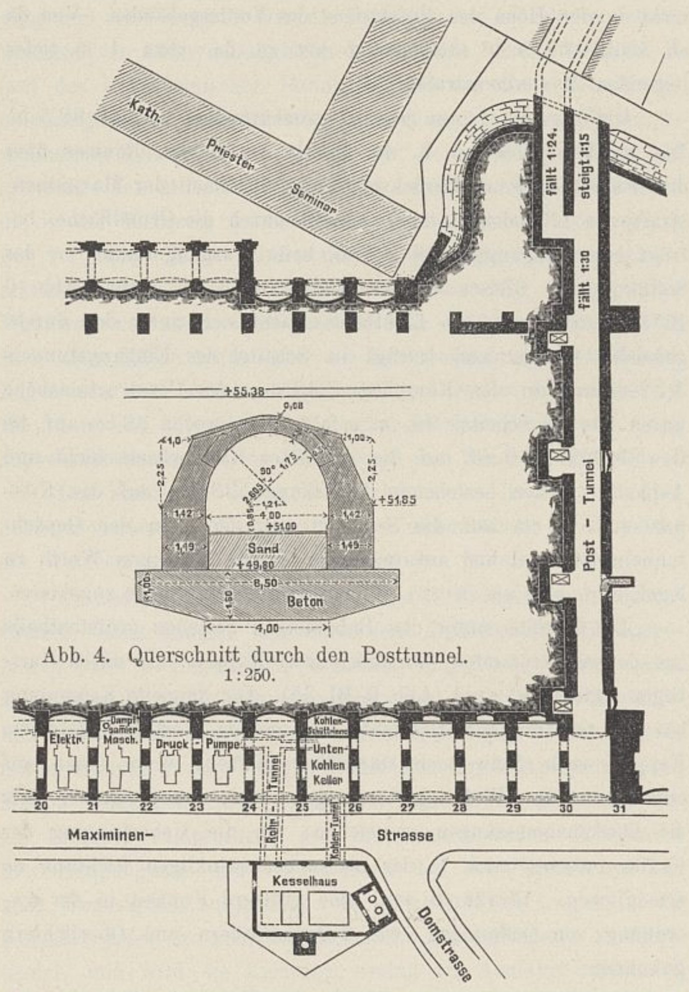


Abb. 4. Querschnitt durch den Posttunnel. 1:250.

Abb. 3. Grundrifs des Posttunnels. 1:1250.

grofsen Widerstandsfähigkeit dieser Platten gegen Abnutzung auch eine Neigung zum Glattwerden, welche durch die Riffelung nicht vollständig aufgehoben wird, jedoch nach längerer Benutzung sich vermindert.

Zur Beleuchtung durch Tageslicht sind in den Gewölben einzelne Oeffnungen gelassen, nämlich je eine zwischen den Hallenbinderfüfsen und ferner eine etwa in der Mitte zwischen dem Vordergebäude und der Haupttreppe. Letztere ist, da die Abdeckung durch begehbare Glasscheiben nicht räthlich schien, weil erfahrungsmäfsig die Lichtdurchlässigkeit derselben binnen kurzem fast ganz verschwindet, für den Verkehr auf dem Bahnsteig immerhin lästig, und daher wurde von der Anbringung einer gleichliegenden Oeffnung in dem hinteren weniger wichtigen Theil des Tunnels Abstand genommen.

Mit besonderer Liebe ist die zum Bahnsteig führende Haupttreppe behandelt. Der Personentunnel öffnet sich, wie aus der Text-Abb. 2 zu erkennen ist, seitlich gegen den Vorraum derselben mit drei Bögen von 4,48, 5,44 und 4,48 m Spannweite, deren Zwischenstützen durch achteckige Pfeiler mit Schaft aus polirtem belgischen Kalkstein, sowie Sockel und Capitell aus bayerischem Granit gebildet sind. Dieser Vorraum ist nach oben hin gröfstentheils offen, sodafs man von hier aus die grofse Bahnsteighalle und die Stirnseite des Inselgebäudes erblickt. Von der Mitte des Vorraums führen drei Stufen (beim Ausgangstunnel vier Stufen) auf den ersten Treppenabsatz. Hier spaltet sich die Treppe in zwei Läufe von 3,09 m Breite, die — durch einen weiteren Absatz getheilt — mit 27 Stufen nach dem Bahnsteig führen. Von diesen beiden Treppenläufen blickt man über die Wange hinweg frei hinunter in den Treppenraum. Die Stufen, deren Steigung 15 cm bei 32 cm Auftritt beträgt, bestehen aus dem harten gut begehbaren Ruhrkohlensandstein. Die Widerstandsfähigkeit desselben gegen Abnutzung ist allerdings etwas geringer als bei Mettlacher Platten, dürfte jedoch von einem gleich rauhen Material kaum übertroffen werden. Der mittlere Theil des Treppenvorraums und der untere Treppenabsatz ist durch eine 7,5 m breite Brücke, die in der Verlängerung des mittleren Zungenbahnsteigs liegt, überdeckt. Sie besteht aus zwei breiten Gurtbögen und zwischengespannter Kappe und dient gleichzeitig dazu, die Gewölbe des Personentunnels und des Gepäcktunnels gegen einander abzusteifen, also den Schub von einem Gewölbe auf das andere zu übertragen.

Jeder Personentunnel wird durch sechs elektrische Bogenlampen erleuchtet. Eine siebente Lampe ist über dem Treppenabsatz der Haupttreppe angebracht. Die Lampen brennen mit etwa vier Ampère und sind unter den Bahnsteigkappen so hoch aufgehängt, dafs die tiefer liegenden Gleisgewölbe noch eben von den Lichtstrahlen getroffen werden.

Der **Posttunnel** (Text-Abb. 3 und 4) ist quer durch den ganzen Bahnhof hindurchgeführt und mit den einzelnen Gepäcksteigen durch Druckwasser-Aufzüge und durch eine Treppe für die Bediensteten verbunden. Er mündet am einen Ende in einen an der Maximinenstrafse belegenen, von der Post angemietheten Viaductraum, am andern Ende ist er durch das anliegende Häuserviertel und unter der Marzellenstrafse hindurch bis zum Hof des Hauptpostamtes verlängert (Abb. 1 Bl. 35).

Der Entwurf für die postalischen Anlagen ist während der Bauausführung des Bahnhofs mehrfach geändert. Als der nach der Maximinenstrafse zu gelegene Theil gebaut wurde, bestand die Absicht, aufser dem Tunnel eine zweite Verbindung zwischen dem Hauptpostamt und dem neuen Postgebäude und zwar in Höhe der Gleise herzustellen. Die Eisenbahnwagen sollten dann zur Be- und Entladung in den Posthof befördert und hier eine ähnliche Verladestelle geschaffen werden, wie sie später im Betriebsbahnhofe ausgeführt ist. Der Posttunnel würde alsdann nur eine untergeordnete Bedeutung erhalten haben, und die Karrenfahrt vom Posthof nach dem Bahnhof würde die zwischen beiden liegende Marzellenstrafse in Pflasterhöhe gekreuzt haben, zumal da derzeit durch eine unterirdische Durchführung des Tunnels eine Störung des noch nicht festgestellten städtischen Canalplanes befürchtet wurde. Auf Grund dieses Entwurfes wurde die Tunnelsohle der Strafsenhöhe angepafst. Als später die Verlegung der Postverladestelle in den Betriebsbahnhof beschlossen wurde, erhielt der Posttunnel als einzige Verbindung zwischen dem Bahnhof und dem Hauptpostamte wieder eine erhöhte Bedeutung, sodafs die Durchführung desselben unter dem

Pflaster der Marzellenstrafse erforderlich schien. Die Entwürfe für das städtische Canalnetz waren inzwischen soweit geklärt, dafs diese der Ausführung nicht entgegenstanden. Weil indes die Gefahr bestehen blieb, dafs der unterirdische Arm bei starkem Wasserandrang vom städtischen Canal aus überschwemmt werde, so wurde neben dem gewöhnlich zu benutzenden Tunnel auch die höher gelegene, die Strafse in Pflasterhöhe kreuzende Fahrt beibehalten. Da bei Feststellung des neuen Entwurfs der Tunnel bereits unter sämtlichen Hauptgleisen ausgeführt war, so ist die Spaltung in die beiden Arme erst in der Nähe des Tunnel-Endes angeordnet. Ungünstige Krümmungsverhältnisse waren hierbei nicht zu vermeiden. Bei der Anordnung der Gefällverhältnisse wurde vorzugsweise auf die untere Fahrt als die wichtigere Rücksicht genommen, doch mufste ein Gefälle von 1:24 nach der Strafse hin zugelassen werden. Dieses ergab dann für die obere Fahrt ein verlorenes Gefälle von 45 cm und eine gröfste Steigung von 1:15. Innerhalb des Häuserblocks liegen die beiden Fahrten über einander. Die untere hat hier 3,5 m Breite und 2,0 m geringste Höhe. Unter dem Bahnkörper ist dagegen der übliche Tunnelquerschnitt von 4,0 m unterer Breite und 3,17 m Höhe im Scheitel (Text-Abb. 4) gewählt. Die Aufzüge liegen seitlich in geräumigen Nischen.

In gleicher Höhe mit den Personen- und Gepäck-Tunneln liegt das Untergeschofs des Inselgebäudes (Text-Abb. 2). Der dem Vordergebäude zugekehrte Theil desselben wird von einer Gepäckkarrenfahrt, die die beiden Gepäcktunnel mit einander verbindet, eingenommen. Diese Fahrt sollte zur Beförderung des Gepäcks zwischen den auf den linksrheinischen und den rechtsrheinischen Kopfgleisen haltenden Zügen benutzt werden, wobei dasselbe zunächst mit dem Aufzug zu senken und dann wieder zu heben sein würde. Dieser Weg wird jedoch wegen seiner Umständlichkeit gar nicht benutzt, vielmehr fahren die Gepäckkarren in solchen Fällen über den Personenbahnsteig. Einige Räume des Untergeschosses des Inselgebäudes und zwar die neben der Karrenfahrt liegenden werden von der Verwaltung benutzt, der gröfste Theil dient jedoch zu Wirthschaftszwecken des Bahnwirths und ist durch einen besonderen Tunnel, den Wirthschaftstunnel, mit der an der Rückseite des Bahnhofs liegenden städtischen Strafse verbunden. Infolge dessen ist der Wirthschaftsbetrieb und der Verkehr der Bediensteten des Bahnwirths von dem übrigen Bahnhofsverkehr vollständig fern gehalten. Obwohl im Untergeschofs des Inselgebäudes ausreichender Platz zur Verfügung stand, ist es doch vermieden, hier die Küche des Bahnwirths anzulegen, da befürchtet wurde, dafs die Küchendünste von hier aus zu den Bahnsteigen und den Wartesälen aufsteigen würden. Die Küche ist daher im Obergeschofs des Inselgebäudes in zwei allerdings engen, aber gut gelüfteten Räumen untergebracht. Treppen und Aufzüge verbinden die Küche mit dem Untergeschofs.

Aufser dem Kellergeschofs des Inselgebäudes und den verschiedenen Tunneln sind im Untergeschofs des Hauptbahnhofs, also in Strafsenhöhe, noch weitere nutzbare Räume in erheblicher Ausdehnung angelegt, für die zum Theil die Benutzungsart von vornherein feststand, zum Theil der Zukunft überlassen blieb. Derartige Räume sind hinter dem Vordergebäude gewissermafsen zur Vergröfserung desselben und ferner auf der Rückseite des Bahnhofs an der Maximinenstrafse in der ganzen Länge der Bahnhofshalle geschaffen. Die Benutzbarkeit dieser Räume wird dadurch erheblich erhöht, dafs sie durch die grofse Halle gegen Eindringen der Feuchtigkeit von oben oder aus dem Erdreich gut geschützt sind. Die Achstheilung dieser Viaducträume ergiebt sich aus der Bindertheilung der grofsen Bahnsteighalle, die Tiefe derselben ist verschieden bemessen. Längs des Vordergebäudes ist im allgemeinen nur die Fläche unter dem äufseren Bahnsteig ausgebaut. Bei einer gröfseren Tiefe hätte die Beleuchtung Schwierigkeiten gemacht.

An der Rückseite des Bahnhofs lagen die Verhältnisse insofern günstiger, als infolge niedrigerer Lage der Strafse sich eine gröfsere lichte Höhe der Viaducträume ergab und daher auch tiefere Räume noch auskömmlich erleuchtet werden konnten. Insbesondere erstrecken sich die zwischen den beiden Tunneln gelegenen Viaducte bis an das Gleis VII (Text-Abb. 5), weil an dieser Stelle für die Dauer des ersten Bauabschnitts, wo hier die Gepäckabfertigung untergebracht wurde, viel Platz erwünscht war. Dadurch, dafs die Fenster bis an die Decke der Viaducträume hochgeführt sind, ist trotz der grofsen Tiefe von reichlich 17 m eine auskömmliche Beleuchtung erreicht. Die in der Abbildung angedeuteten Oberlichtschlitze konnten daher nachträglich zugemauert werden.

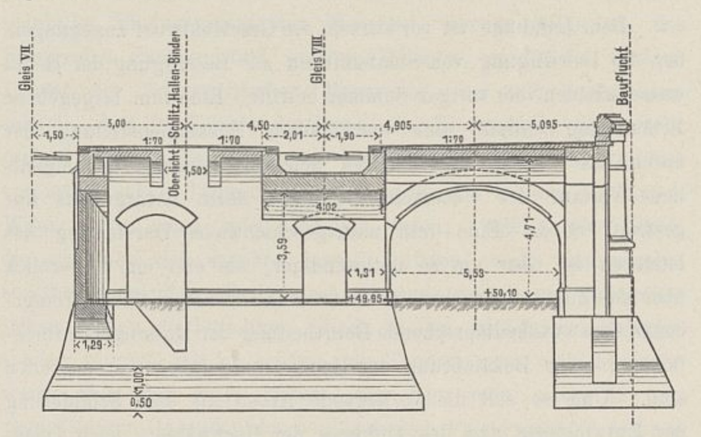


Abb. 5. Querschnitt durch die Viaducte an der Maximinenstrafse. 1 : 250.

Die Ausführung der Viaducte ist überall massiv in Ziegelsteinen erfolgt. Die Zwischenpfeiler haben, um eine gute Ausnutzung der Räume zu erleichtern, so viele und so grofse Durchbrechungen erhalten, wie die Rücksicht auf die Standfähigkeit zuliefs. Bei der Untersuchung derselben wurde davon ausgegangen, dafs die Stützlinie über den Pfeilerdurchbrechungen keineswegs innerhalb der flachen Bögen, durch welche diese nach oben hin abgeschlossen werden, bleiben mufs, dafs vielmehr das Bauwerk noch standfähig ist, wenn sich eine in die Uebermauerung der Bögen und selbst in die anschliefsenden Gewölbe reichende Stützlinie finden läfst, bei der die Beanspruchung innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Bei einer solchen Stützlinie mit grofser Pfeilhöhe ergiebt sich der seitliche Schub natürlich erheblich geringer, als wenn dieselbe der Mittellinie des flachen Bogens angepafst wird. Den oberen Abschlufs der Durchbrechung dieser wirklichen Stützlinie anzupassen, wurde vermieden, weil die hierdurch entstehende schwierigere Ausführung nicht durch die Materialersparnifs aufgewogen wird. Auch wurde es nicht für nöthig gehalten, die Stützlinie durch Einlegung eines Entlastungsbogens, dessen Lagerfugen senkrecht zur Stützlinie stehen, zum Ausdruck zu bringen, weil das Mauerwerk bei guter Ausführung sehr wohl Pressungen, die zu den Lagerfugen mäfsig geneigt sind, aufnehmen kann.

Die Kappen unter dem Aufsenbahnsteig, welche diese Räume überdecken, haben ein Stein Stärke und liegen im Scheitel dicht

unter der Asphaltdecke des Bahnsteigs. Für die Aufsenansicht war es erwünscht, den Stirnen dieser Kappen eine etwas gröfsere Stärke zu geben. Da nun wie erwähnt auf die Herstellung möglichst hochreichender Fenster Werth gelegt werden mufste, so wurde die Verstärkung der Stirnbogen unter thunlichster Beibehaltung der unteren Leibung nach oben hin vorgenommen. Ueber den Stirnbögen folgt noch ein kräftiges Hauptgesims. Die obere Kante des letzteren liegt daher erheblich höher, als die Bahnsteigfläche, sodafs sich auf dieser eine massive Brüstungsmauer ergiebt (Text-Abb. 5). Diese Mauer ist benutzt, um den Höhenunterschied der Bahnsteige an den beiden Enden der Halle, welcher 64 cm beträgt, auszugleichen. Während daher der Bahnsteig und die unter demselben liegenden Kappen mit 1:400 steigen, liegen die Stirnbögen der Kappen, das Hauptgesims über denselben und die hierauf sich erhebende Wand der Seitenhalle in der Wage.

Die Ansicht der Viaducträume ist in Blendziegeln mit mäfsiger Verwendung von Werksteinen ausgeführt.

Die sämtlichen Gleisgewölbe entwässern durch die Pfeiler in das städtische Canalnetz. Die gufseisernen Abfallrohre der Gewölbe- wie der Hallen-Abwässerung sind von den Pfeilerdurchbrechungen aus zugänglich.

(Fortsetzung folgt.)

Das Sommerhochwasser vom Juli bis August 1897 im Oderstromgebiet.

Im Bureau des Wasserausschusses bearbeitet durch Dr. Karl Fischer.

Dem Landtage ist vor kurzem ein Gesetzentwurf zugegangen, der die Bewilligung von Staatsmitteln zur Beseitigung der Hochwasserschäden vom vorigen Sommer betrifft. Eine ihm beigegebene Erläuterung enthält eine erschöpfende Zusammenstellung der durch das Wasser angerichteten Schäden, während der eigentliche Verlauf der Ueberschwemmungen darin naturgemäfs nur gestreift wird. Eine rein naturgeschichtliche Darstellung des letzteren ist aber um so nothwendiger, als erst ein Ueberblick über das Zusammenwirken der einzelnen Gewässer eines Stromgebietes eine zweckentsprechende Beurtheilung der Mafsregeln ermöglicht, die zur Bekämpfung der Hochwassergefahren zu ergreifen sind. Und so soll die vorliegende Arbeit als eine Schilderung der Entwicklung und des Abflusses des Hochwassers jener Denkschrift ergänzend zur Seite treten. Ein abgerundetes Bild kann sie freilich nur für das Gebiet des Oderstroms zu geben versuchen; denn eine Darstellung der Hochfluthen in denjenigen Gewässern, welche der Wasserführung des Weichsel- und des Elbstromes ihr Gepräge geben, ist Aufgabe des österreichischen hydrographischen Centralbureaus. Immerhin werden die beiläufigen Angaben über die Hochwasserwellen der Weichsel und der Elbe genügen, um im Anschlufs an die von österreichischer Seite zu erwartende Untersuchung aufs neue darzuthun, welche tiefgehenden Verschiedenheiten zwischen den genannten drei Nachbarströmen bestehen, obwohl sie in der Gliederung ihres Gewässernetzes einander so vielfach ähneln.[1])

Eine gewisse Hochwassergefahr besteht, wie von Hellmann[2]) nachgewiesen ist, für die Sudeten- und Beskidengewässer stets, wenn ein flaches Tief des Luftdruckes im Süden, Südosten oder Osten von Schlesien, in der Nähe der als Zugstrafse Vb van Bebbers bekannten Linie vom Adriatischen Meere bis zum Finnischen Meerbusen weilt. In einer Mittheilung, die Hellmann in der Meteorologischen Zeitschrift[3]) über den Wolkenbruch vom 29./30. Juli 1897 veröffentlicht hat, findet sich bereits die Bemerkung, dafs die allgemeine Witterungslage bei diesem wieder die nämliche war, „wie bei allen grofsen Niederschlägen von gröfserer Ausdehnung in Ostdeutschland. Bei hohem Luftdrucke im Westen lag über Osteuropa eine flache, fast stationäre Depression, die langsam nach Norden zog und dem Typus der Zugstrafse Vb zuzurechnen ist.“ Zum Glück sind indessen nur die wenigsten Tiefe dieser Art von ungewöhnlich heftigen Regenfällen begleitet, während die meisten mit mäfsigen Niederschlägen vorüberziehen. Von einer Hochwasservorhersage auf meteorologischer Grundlage, die alle anderen Arten der Vorhersage an Frühzeitigkeit übertreffen würde, ist die Wissenschaft infolge dessen noch weit entfernt, und Hellmann kann nur der Hoffnung Ausdruck geben, dafs es bei fortgesetztem, umfassenden Studium der grofsen Regenfälle jenes Tiefdruckgebietes „vielleicht doch noch“ gelingen werde, „diejenigen charakteristischen Kennzeichen der Depression herauszufinden, die für die Bildung sehr starker Niederschläge mafsgebend sind.“

Ein erster, freilich auch nur allererster Versuch in dieser Richtung liegt auch bereits in einer Arbeit vor, die im Auftrage der Deutschen Seewarte von E. Herrmann verfafst ist und die allgemeinen atmosphärischen Vorgänge vor und während der vorjährigen Ueberfluthungen in Schlesien, Sachsen und Nordböhmen[4]) behandelt. Diese kommt im wesentlichen darauf hinaus, dafs als letzte Ursache des Wolkenbruches eine Art von Uebereinanderlagerung mehrerer Tiefe oder Luftwirbel zu betrachten ist, die in der Weise vor sich ging, dafs in eine verhältnifsmäfsig lange andauernde, von Nord nach Süd gestreckte Luftdruckfurche (der Gruppe Vb), welche sich in der letzten Woche des Juli zwischen Donau und Ostsee befand, mehrere kleinere rasch ziehende Wirbel von Westen her eintraten.[5]) Herrmann hält es sogar für gerechtfertigt, diese Auffassung als eine wenigstens mögliche auch auf die Wolkenbrüche in früheren Jahren zurückzuerstrecken, soweit dieselben nämlich überhaupt mit der Zugstrafse Vb und nicht schon von vornherein mit Tiefdruckgebieten in Beziehung gesetzt sind, welche Centraleuropa in der gewöhn-

1) Vgl. Keller, Centralblatt der Bauverwaltung XVI (1896), S. 521 u. 526.

2) Man vergl. Centralblatt VIII (1888), S. 375—376 und den Zusatz in Meteorol. Zeitschr. VI (1889), S. 19—21.

3) XIV (1897), S. 313—315.

4) Annalen der Hydrographie XXV (1897), S. 387—390.

5) Für diejenigen, welche diese Ausführungen an der Hand der Witterungsberichte der Seewarte verfolgen wollen, sei bemerkt, dafs die Wetterkarte vom 27. Juli die Luftdruckverhältnisse südlich von den Alpen — wohl infolge eines Fehlers im Wettertelegramm — unrichtig wiedergiebt. Oberitalien war nicht von einem Tief überdeckt, in dessen Kern der Luftdruck bis auf fast 750 mm hinabging, sondern es lagerten zwei ganz flache Tiefe von 757 bis 758 mm Barometerstand über Venetien und am Fufse der Seealpen.

lichen Richtung von Westen nach Osten durchquerten. Vielleicht sei es sogar nicht ausgeschlossen, dafs diese Betrachtungsweise sich auch auf die gewöhnlichen, mit nur mäfsigem Niederschlage verbundenen Tiefe der Zugstrafse Vb ausdehnen lasse.

Für eine Hochwasservorhersage auf Grund der Luftdruckvertheilung ist aus diesen ganz allgemein gehaltenen Fingerzeigen kaum ein greifbares Ergebnifs zu erhoffen; denn wenn die gewöhnlichen leichten Regen an dieselben Vorbedingungen geknüpft sind, wie die verheerenden Sturzregen, so bleibt die Frage, was der Wetterlage bei letzteren eigenthümlich sei, nach wie vor offen. Herrmann war es hierum augenscheinlich aber auch nicht zu thun. Er wollte vor allem die Ansicht vertreten, dafs man bei der Zugstrafse Vb nicht an barometrische Tiefe zu denken habe, welche die Alpen vom Adriatischen Meere aus überschritten, um dann nordwärts weiter zu ziehen; das Gebirge sei vielmehr ein Grenzwall, den dieselben nicht überstiegen; im besonderen ständen die beiden Tiefe, die am Morgen des 27. Juli auf der Südseite der Alpen lagerten, zu den überschwemmenden Regenfällen nördlich der Alpen in keiner Beziehung, da sie am Südfufs des Gebirges verblieben und dort ostwärts abgezogen seien.

Im Gegensatz hierzu folgt Trabert, der die aufserordentlichen Niederschläge vom 26. bis 31. Juli 1897 für Oesterreich einer Untersuchung unterzogen hat,[6]) der gewöhnlichen Auffassung, indem er das über Norditalien deutlich erkennbare Tief vom Morgen des 27. Juli zum Ausgangspunkt nimmt, das dann im Laufe des 27. über Südsteiermark, Westungarn und Westgalizien hinaufgerückt und in den nächsten Tagen „ganz normal" auf der Zugstrafse Vb weitergeschritten sei. Ganz unerwartet habe nun aber der weitere Witterungsverlauf, der im Bereich des Tiefs zu erwarten war, dadurch eine Unterbrechung erfahren, dafs gleichzeitig mit dem üblichen Vorstofs des westlichen Hochdruckgebietes auch ein solcher des östlichen erfolgte. Die Folge sei eine zweifache gewesen: Einerseits eine Verschärfung der Druckunterschiede, infolge deren am 29. und 30. Juli so unheilvolle Wassermassen zur Erde fielen, anderseits eine Westwärtsdrängung des Tiefs, durch welche auch die österreichischen Alpen, sowie die mährischen und böhmischen Randgebirge in dessen Bereich gelangt seien.

Bei dem bisherigen Umfang des meteorologischen Dienstes dürfte es selbst für eine Stelle, die ein ausgedehntes Beobachtungsmaterial heranziehen kann, kaum möglich sein, zwischen diesen verschiedenen Deutungen der Wetterlage endgültig zu entscheiden. Im besonderen werden viel häufigere Beobachtungen, als nur dreimal tägliche nothwendig sein, ehe sich auf Grund der von Herrmann ausgesprochenen Vermuthungen eine gesicherte Erkenntnifs gewinnen läfst. Hier mufs es deshalb genügen, die unmittelbare Ursache der Ueberschwemmungen, die Regenfälle in den letzten Tagen des Juli einer näheren Betrachtung zu unterwerfen.

Für die Provinz Schlesien sind die Hauptregenmengen bereits von Hellmann, für Oesterreich von Trabert in ihren oben erwähnten Veröffentlichungen mitgetheilt. Das Königliche Meteorologische Institut in Berlin machte aufserdem sein Archiv bereitwilligst zur Entnahme weiterer Messungsergebnisse zugänglich, während für das Königreich Sachsen die erbetenen Angaben in entgegenkommendster Weise von dessen Meteorologischem Institut, für das polnische Netz von Herrn Prof. Kwietniewski und endlich für Galizien vom Director der Krakauer Sternwarte, Herrn Prof. Karlinski mitgetheilt wurden. Dabei mag ugleich erwähnt sein, dafs ferner die Königliche Sächsische Wasserbaudirection bereitwilligst über die Beobachtungen an den ihr unterstehenden Pegeln Auskunft gab, was entsprechend auch seitens der zuständigen preufsischen Behörden der Fall war. Allen diesen Stellen sei hiermit bestens gedankt.

Man hat bereits mehrfach darauf hingewiesen, dafs der so bösartigen Entwicklung des Hochwassers besonders auch durch den unglücklichen Umstand Vorschub geleistet wurde, dafs den gewaltigen Regengüssen des 29. und 30. Juli mehrtägige, fast ununterbrochen anhaltende und dabei weit ausgedehnte Landregen vorangingen, die den Boden für weitere Wassermengen aufnahmeunfähig machten und viele Wasserläufe bereits bis nahe an die Ausuferungshöhe anfüllten. Im Gegensatz zu den dann folgenden wolkenbruchartigen Niederschlägen war jener vorangehende Regenfall ein so allgemeiner, dafs sämtliche Gebiete, die hier überhaupt in Frage kommen, ziemlich gleichmäfsig von ihm betroffen wurden: Das galizische, wie das russisch-polnische Einzugsgebiet der Weichsel, ebenso Schlesien, das Königreich Sachsen und endlich Böhmen, sowie die übrigen Länder der österreichischen Monarchie, nur mit dem Unterschiede, dafs im Gebiete der Donau der Niederschlag nicht mehr überall in den Grenzen eines Landregens blieb, sondern hier vereinzelt schon Tagesmengen von mehr als 80 mm vorkamen. Wenn auch sonst noch Mengen fielen, welche von denen, die sie über sich ergehen lassen mufsten, recht unangenehm empfunden wurden, so ist doch nirgends weiter von ungewöhnlichen Zahlen zu berichten. Noch in den mittelhohen Gebirgstheilen gingen, wie es scheint, die Tagesmengen nicht nennenswerth über das Mafs hinaus, mit dem man selbst für die regenärmeren Gegenden des norddeutschen Flachlandes zu rechnen hat (60 — 70 mm), während sie meist erheblich unter diesem Betrage blieben. In den nächsten Tagen, also gerade während das Riesengebirge mit fast beispiellosen Wassermassen überschüttet wurde, war der Regenfall im Weichselgebiet nur noch ein derartiger, wie er für Norddeutschland etwa den Durchschnitt aus allen Tagen mit Regen bildet.

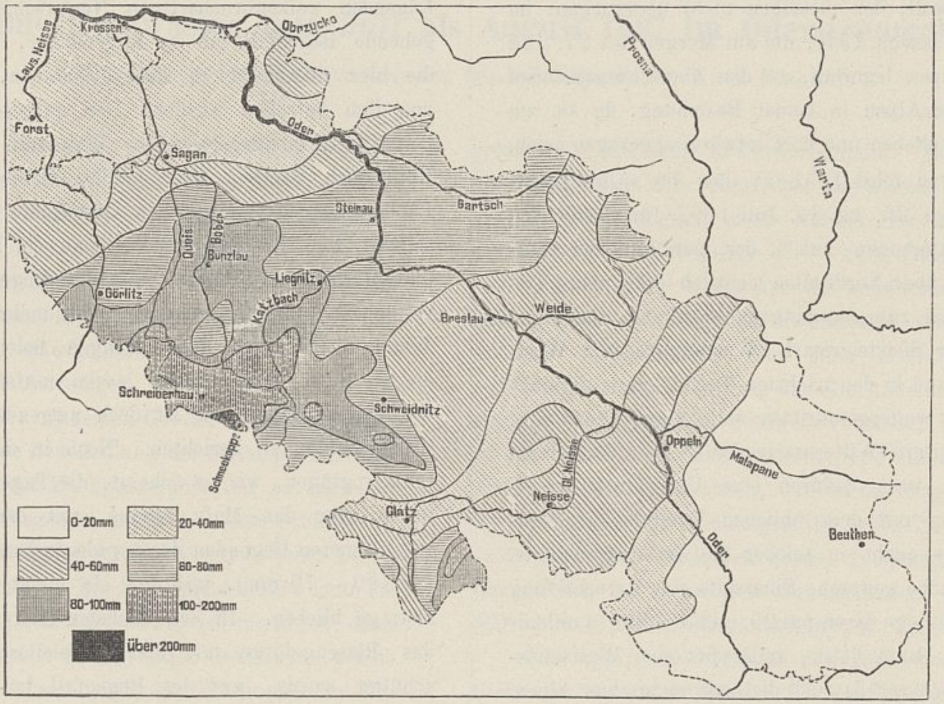
So entwickelte sich denn in diesem Stromgebiet auch nur ein Hochwasser, das, wie es scheint, nirgends allzuernste Gefahren heraufbeschwor. Aus dem gewaltigen Sammelgebiet des San folgte ein noch dazu recht mäfsiges Hochwasser erst merklich später, und so dürften auf die Höhe der Anschwellung des Hauptstroms neben der Quellweichsel selbst nur Sola, Skawa, Raba, Dunajec und Wisloka bestimmend eingewirkt haben, unter denen namentlich die letzteren ein ziemlich grofses Hochwasser hatten. Das engere Quellgebiet der Weichsel steuerte dagegen nur mäfsige Abflufsmengen bei, und so blieb die Anschwellung des Flusses an der Stelle, wo er die Provinz Schlesien verläfst, den Hochwassern früherer Jahre gegenüber recht unbedeutend, am Pegel zu Zabrzeg z. B. mit + 2,30 m am 31. Juli und + 2,35 m am 4. August, um mehr als 2 m unter dem Höchststande des Sommerhochwassers vom Jahre 1894 und noch um etwa $1^1/_4$ m unter dem langjährigen Mittel aus allen Jahreshöchstständen. Die zweite jener kleinen Erhebungen des Wasserspiegels, die indes schon begann, ehe letzterer noch nennenswerth gesunken war, hatte ihren Ursprung wohl in mehreren Gewitterschauern, die, mehr oder minder heftig, in den ersten Tagen des August an den verschiedensten Orten niedergingen.

6) Meteorologische Zeitschrift XIV (1897), S. 361—370.

Auch die der Weichsel linksseitig zufliefsende Przemsza, das Grenzflüfschen zwischen Schlesien und Galizien, hatte eine entsprechende kleine Doppelanschwellung, deren Scheitel jedoch ebenfalls beträchtlich (am Pegel zu Klein-Chelm um 4 dm) unter dem mittleren Hochwasser lagen.

In der Beschreibung des Sommerhochwassers von 1894 findet sich bereits erwähnt,[7]) dafs die Fluthwellen der Weichsel viel schneller fortzuschreiten pflegen, als diejenigen der Oder, wodurch sich für erstere eine erfolgreiche Hochwasservorhersage wenigstens bis auf weiteres so sehr viel schwieriger gestaltet. So war 1894 die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Weichsel $2^1/_2$ mal so grofs als in der Oder, und ähnlich stellt das Verhältnifs sich diesmal. Dabei ist vorauszuschicken, dafs die Anschwellung in die untere Weichsel in Form einer einfachen Fluthwelle hinabgelangte, die zuerst ganz langsam, in den letzten Tagen dann um etwa 0,6 m täglich, im ganzen jedoch nur um 2 bis 3 m, anstieg und darauf noch etwas langsamer um beinahe ebensoviel wieder absank. Der zweite Scheitel, der nur eine ganz geringfügige Einsenkung des Wasserspiegels vor sich hatte, war auf dem langen Zwischenwege ausgelöscht worden. Bei Thorn ging der Wellenscheitel nun bereits am 5. August, an der Montauerspitze und bei Dirschau am folgenden Tage vorüber; die betreffenden Mittagsbeobachtungen ergaben +3,50, +3,68 und +4,04 m an den Pegeln, also Höhen, die auch im Sommer häufig überschritten werden. Wenn nun auch damit nicht der Wellenscheitel selbst dargestellt ist, so machen es die Beobachtungsreihen im ganzen Zusammenhange doch recht wahrscheinlich, dafs derselbe am Pegel bei Thorn, wie auch in der oberen Weichsel an demjenigen bei Zabrzeg, ziemlich nahe auf die Mittagstunde traf und somit die 766 km messende Stromstrecke von Zabrzeg bis Thorn in rund 120 Stunden, also mit einer mittleren Geschwindigkeit von scheinbar 6,4 km/Stunde oder fast 1,8 m/Secunde durchlief. Eine Erklärung dieses so auffallend hohen Werthes soll in dem Werke über den Weichselstrom gegeben werden. Dirschau, das von Thorn um 175 km Stromlänge entfernt liegt, würde bei jener Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nachmittagstunden des 6. August von dem Scheitel der Welle erreicht worden sein. Man geht aber wohl nicht fehl, wenn man annimmt, dafs die Geschwindigkeit in dieser untersten Stromstrecke unter dem Gesamtdurchschnitt lag, und in der That sprechen auch die Beobachtungen dafür, dafs erst die Abendstunden den Höchststand brachten. Denn am Mittag wurden +4,04, am folgenden Mittag +3,94 m a. P. gefunden, und nach der oben angedeuteten Form der Welle bei Thorn mufs der Gipfel der Welle zwischen diesen beiden Ablesungen, doch der ersten etwas näher als der zweiten, vorübergegangen sein.

Ebenso bescheiden, wie im Weichselstrom selbst, blieb die Anschwellung in der von ihm abzweigenden Nogat. Am Pegel zu Marienburg erhob sich der Wasserspiegel derselben zunächst vom 21. bis zum 31. Juli um 0,4 m, in den sieben Tagen darauf dann um 2 m. Die deutschen Nebenflüsse der Weichsel aber nahmen an dem allgemeinen Wuchs des Wassers nur noch in verschwindendem Mafse theil, während ein ganz örtlich begrenztes Hochwasser z. B. in der Passarge auftrat.



I. 24stündige Regenhöhen vom 29./30. Juli 1897.

Auch in der Warthe, über die unten noch nähere Angaben folgen werden, sowie in den übrigen rechtsseitigen Nebenflüssen der Oder vereinigten sich nur mäfsige Wassermengen. Soweit die Provinz Schlesien dabei in Frage kommt, ist dies aus den beigegebenen Karten der Regenvertheilung ohne weiteres ersichtlich. Die eine derselben giebt ein Bild des vom Morgen des 29. Juli um 7 Uhr bis zur gleichen Stunde am nächsten Tage gefallenen Regens, während die andere die Regensumme für die vier Messungstage vom Morgen des 27. bis zum Morgen des 31. Juli darstellt. Für das Gebirge konnte das Kartenbild naturgemäfs nicht in allen Einzelheiten durchgeführt werden.[8]) Aus der Vergleichung beider Karten ergiebt sich zunächst, dafs der starke Regenfall vom 29. zum 30. eine wesentlich geringere Ausdehnung hatte, als der allgemeine Landregen, der in dem gesamten Gebiet in den späteren Nachmittagstunden des 27. oder aber während der darauf folgenden Nacht begann. Wie im Weichselgebiet, so überwiegt auch im oberen Odergebiet die Regenhöhe vom 27. bis zum 29. weit diejenige vom 29. bis zum 31. Juli, und zwar gilt dies links vom Strome bis zur Zinna, rechts dagegen noch etwas weiter, bis zur Malapane, beider Gebiete mit eingeschlossen. Eine ganz entsprechende Grenze besitzt das östlichste der Gebiete mit weniger als 40 mm Regen vom

7) Centralblatt der Bauverwaltung XIV (1894), S. 348/349.

8) So ist z. B. nicht zum Ausdruck gebracht, dafs die Tagesmenge vom 29./30. in Rudelstadt, Wolfshau, Krummhübel und Giersdorf unter 100 mm blieb. Sonst bestehen jedoch nur noch einige ganz unerhebliche Abweichungen. Versehentlich hat nur auf Karte II das kleine inselartige Gebiet östlich von Crossen und ebenso das etwas weiter stromaufwärts gelegene die Schraffur für 80—100, statt für 40—60 mm erhalten.

29. zum 30. Juli; links von der Oder durchschneidet dieselbe das Gebiet der Hotzenplotz, rechts das des Stober. Auf ihrer Ostseite nimmt die Regenhöhe jenes Tages sehr schnell ab; nur in einem schmalen Bande bleibt sie noch über 20 mm, während sie in den Gebieten der Ruda, Birawka, Klodnitz und der oberen Malapane, sowie an den zur Weichsel entwässernden Beobachtungsstellen durchweg unter 10 mm sinkt. Mit dem Gebiete, das vom 29. zum 30. nicht über 20 mm Regen empfing, deckt sich nahezu dasjenige, in welchem die Summe vom 27. bis zum 31. nicht über 60 mm wuchs, doch mit dem Unterschiede, dafs der Gesamtbetrag aus diesen Tagen sehr viel gleichmäfsiger ausfällt, indem er sich nur so vereinzelt auf nicht ganz 40 mm stellt, dafs es nicht nothwendig erschien, dies in der Karte zu berücksichtigen. In der Karte der Regenhöhen vom 29./30. verfolgen auch die nächsten Linien in der Hauptsache südsüdwestlich-nordnordöstliche Richtung. Die Stärke des Regens schreitet jedoch dabei nicht stetig in der Richtung des Hauptstromes fort, sondern es folgt jenseit der Glatzer Neifse noch ein zweites Gebiet mit weniger als 40 mm, das, den Warthaer Engpafs in sich fassend, aus dem Glatzer Gebirgskessel heraustritt und die Gebiete von Ohle, Lohe und Stober durchsetzt, sodafs diese örtliche Verminderung des Regenfalls vorwiegend drei Flüssen zu gute kam, die für die Hochwasserführung des Hauptstromes ohnedies schon keine grofse Bedeutung besitzen. Weiter nordwestlich nimmt dann der Niederschlag ganz erheblich zu. Wenn man vom Gebirge zunächst noch ganz absieht, so zeigt ein breites Gebiet, an dem namentlich die Katzbach und die Bartsch mit ihren Nebengewässern betheiligt sind, über 60 mm Regenhöhe. Selbst unmittelbar in der Oderniederung, wie in Dyhernfurth, Leubus, Steinau und Köben, also in einer Seehöhe von nur 80 bis 110 m, und an Orten, bei deren Lage zu den benachbarten Höhen es schwer verständlich wäre, dafs sie alle zugleich in der Luvseite des Wetters gelegen haben sollten, wurden 64 bis 77 mm gemessen. Auf Karte II stellt sich die Senke zu beiden Seiten der Oder jedoch als Gebiet etwas niedrigeren Gesamtregenfalls dar. Namentlich war der Regen vom 28. zum 29. in der Nähe des Stromthals etwas weniger ergiebig, und so erreicht die viertägige Summe rechts vom Strome erst im Katzengebirge und nördlich davon, links mit der Annäherung an die Vorberge des Katzbachgebirges und dann noch einmal in dem Flachlande zwischen Bober und Neifse den Betrag von 100 mm. Die Hauptmenge fiel hier z. Th. erst vom 30. zum 31., so z. B. in Muskau mit 85 mm. Auch aus ihren unteren Gebietstheilen strömten dem Bober und der Neifse also recht bedeutende Wassermassen zu, und diesen ist es wohl hauptsächlich zuzuschreiben, dafs beide Flüsse ihr Hochwasser nur recht langsam überwanden.

II. 4tägige Regenhöhen vom 27./31. Juli 1897.

Ueber den Regenfall im Gebirge wird man erst dann ein vollständiges Bild gewinnen können, wenn von österreichischer Seite nähere Mittheilungen vorliegen. Im allgemeinen fiel, wie schon Trabert hervorhebt[9]), der Regen da am stärksten, wo der von Nordwesten zum Theil mit fast stürmischer Stärke heranfliefsende Luftstrom, in welchem das ganze Unwetter niederging, durch quergelagerte Gebirgszüge zum Aufsteigen und durch die damit verbundene Luftverdünnung zur sogenannten adiabatischen Abkühlung (d. h. einer solchen ohne Wärmezufuhr oder Wärmeentziehung durch fremde Luftströme) gezwungen wurde. Denn diese Art der Abkühlung bildet ja weitaus die ergiebigste, wenn nicht sogar die überhaupt allein in Betracht zu ziehende Ursache allen Niederschlages, und sogar schon in der Regenvertheilung im Flachlande machte sich die Bedeutung der Höhenunterschiede deutlich geltend. Man darf indes nicht so weit gehen, diese als das allein Mafsgebende anzusehen; denn an erster Stelle dürfte immer die örtliche Ausbildung von Theilwirbeln der Luft entscheidend sein.

Um wiederum im Südosten zu beginnen, so scheinen nach den von Trabert angeführten Zahlen in den Gebieten der Schwesterflüsse Ostrawitza und Olsa, sowie der Quell-Oder und Oppa die Regensummen vom 27. bis 31., höchstens vielleicht mit Ausnahme eines oder des anderen Punktes in der Altvatergruppe, die obere Grenze von 80 bis 90 mm nicht überschritten zu haben. Wie in den Beskiden und noch weit nach Oberschlesien hinein, so ging auch auf die Gebiete der Ostrawitza und Olsa der Hauptregen bereits vom 28. zum 29. nieder, und so war es die Olsa, welche der Oder das erste Hochwasser brachte. In den Glatzer Gebirgen bleiben schon die einzelnen Tagesmengen nicht mehr bei 100 mm stehen. So wurden am 30. in Bad Landeck, das in 450 m Seehöhe auf der südwestlichen Abdachung des Reichensteiner Gebirgskammes liegt, 113 mm und südsüdwestlich davon zu Martinsberg, 800 m über dem Meere, 107 mm gemessen; die viertägige Summe vom 27. bis zum 31. stellt sich für beide Orte auf 188 mm und noch etwas höher für den Glatzer Schneeberg, nämlich auf 212 mm. Jenseit des Glatzer Kessels waren die Mengen wesentlich kleiner, sowohl

9) Meteorologische Zeitschrift XIV (1897), S. 368.

im Heuscheuer-, wie im Adler- und in dem ihm vorgelagerten Habelschwerdter Gebirge (auf preufsischem Gebiete Tagesmenge vom 29./30. nicht über 70, Summe vom 27./31. nicht über 120 mm). Recht gleichmäfsig scheint der Regen im Eulen- und im Waldenburger Gebirge gefallen zu sein; wenigstens hält sich für die mittleren Höhen von 300 bis 500 m die Tagesmenge vom 29./30. fast durchweg zwischen 80 und 90, die Summe vom 27./31. zwischen 110 und 140 mm. Nur im Regenschatten, nahe dem Neifsethale, waren die Mengen etwas geringer; eine Ausnahme nach der anderen Richtung machen dagegen z. B. Wittgendorf, das, bereits zum Gebiete des Bober gehörend, in 458 m Seehöhe am Westrande des Waldenburger Gebirges auf der Luvseite des Regens lag, und im Eulengebirge das etwas höhere (610 m) und wohl dadurch niederschlagsreichere Kaschbach. Die 24stündige Menge vom 29./30. betrug an diesen Orten 112 und 124, die 4tägige Summe vom 27./31. aber 163 und 171 mm. Fast die gleichen Mengen finden sich im Katzbachgebirge schon in wesentlich geringerer Erhebung, so z. B. zu Ketschdorf (450 m), Kauffung (375 m) und Schönau (265 m), was beweist, dafs die Dichtigkeit des Regens, ganz unabhängig von der Meereshöhe, nach Westen hin noch immer wuchs.

Die schroffsten Unterschiede in der Niederschlagsmenge bestehen naturgemäfs in der Nähe der höchsten Erhebung des Gebirges, also im Bobergebiet. Die kleineren Gebirgsstöcke, welche sich südöstlich an den Riesenkamm anlehnen, wie Rehorn-, Raben-, Schömberger- und Ueberschaargebirge, zeigen, durch das Hauptgebirge in den Regenschatten gedrängt, noch Mengen, welche z. B. diejenigen des Eulengebirges und der Vorstufe des Riesengebirges nicht einmal ganz erreichen, und auch die Niederschlagsmengen, die über dem Landeshuter Kamm zur Ausscheidung gelangten, gingen noch nicht über die höchsten der bisher angeführten Zahlen hinaus. Freilich bedeuten auch diese bereits Wassermassen, welche Flüsse, wie Katzbach, Bober und Queis mit einem Schlage zu gefürchteten Feinden alles ihnen erreichbaren Eigenthums machen können. In der That zeigt Karte I, dafs z. B. das Gebiet des Queis nur in ganz geringem Umfange in die Zone mit mehr als 100 mm 24stündigen Regens übergreift; und doch wühlte sich der Flufs allein im Kreise Lauban an drei Stellen ein anderes Bett. In welchem Lichte müssen im Vergleich hierzu nun erst gar einige der Mengen erscheinen, die auf die so kleinen, für die Wasserführung des Bober aber so wichtigen Gebiete der Lomnitz und Eglitz, sowie des Zacken niederprasselten. Sie mögen — auch für einige benachbarte Punkte — hier folgen:

Ort	Seehöhe	Einzugsgebiet	Tagesmenge 29./30. mm	4tägige Summe 27./31. mm
Prinz Heinrich-Baude .	1400	Lomnitz	225	326
Kirche Wang	873	„	220	355
Schneekoppe	1603	„	239	297
Wolfshau	660[10]	„	79	165
Krummhübel	585	„	90	156
Arnsdorf.	470	„	117	176
Forstbauden	855	Lomnitz, Eglitz	191	283
Schmiedeberg	470	„ „	187	265
Eichberg	349	Bober	112	166
Grunau	365	„	132	185
Neue Schles. Baude . .	1195	Zacken	125	197
Schreiberhau	630[10]	„	126	195
Agnetendorf	530	„	120	176
Giersdorf	340	„	93	164
Warmbrunn	345	„	118	170

10) Nicht sicher.

Das Gebiet der Lomnitz hatte hiernach, da wohl eine einfache Durchschnittsbildung zulässig ist, vom 29. zum 30. eine mittlere Niederschlagshöhe von 168 mm, und so wurde bereits im Meteorologischen Institut die Wassermenge, die in jenem 24stündigen Zeitraum allein über diesem nur etwa 117 qkm umfassenden Gebiet zur Erde fiel, zu rund 20 Millionen cbm (=230 cbm/Secunde) festgestellt. Drei Beobachtungsstellen haben Tagesmengen von mehr als 200 mm, während sich im Gebiete des Queis nur eine (Flinsberg, in 470 m Seehöhe) findet, an der die 4tägige Summe bis zu dieser Grenze wächst.

Der Lausitzer Neifse müssen namentlich auf der böhmischen Seite vom Isergebirge her ungeheure Wassermengen zugeströmt sein. So hatte Neuwiese, das allerdings schon zur Iser entwässert, aber doch noch hart an der Wasserscheide (dabei in nur 780 m Seehöhe) liegt, allein in den 24 Stunden vom 29. zum 30. morgens 345 mm Regen, d. h. noch etwas mehr, als Berlin im langjährigen Mittel von Anfang April bis Ende September hat! Ob sich die Natur überhaupt eine einigermafsen berechenbare obere Grenze des an einem Tage möglichen Niederschlages gesetzt hat, möchte man hiernach fast bezweifeln. Jedenfalls wird es durch die oben angeführten Zahlen ohne weiteres erklärlich, dafs Bober und Lausitzer Neifse ein Hochwasser hatten, dem sich seit dem Beginn regelmäfsiger Wasserstandsbeobachtungen an diesen Flüssen, d. h. für einen nunmehr rund 60jährigen Zeitraum, an Wasserhöhe, wie an Wasserschäden kein zweites zur Seite stellen läfst.

Im ganzen vollzog sich der Abflufs des Hochwassers im Gewässernetz des Oderstromgebietes durchaus in der Art, wie er nach dem vom Bureau des Hochwasserausschusses herausgegebenen Werk über den Oderstrom in der Mehrzahl aller Fälle wiederkehrt.[11]) So ist dort bereits darauf hingewiesen, dafs, wenn sich der Regen über die Beskiden und Sudeten gleichzeitig ergiefst, das Hochwasser der Oppa mit dem der Ostrawitza und Olsa nicht Schritt halten kann. Diesmal erfolgte der Hauptregenfall im westlichen Quellgebiet aber eher noch etwas später als in den Beskiden, und so gelangte der Fluthscheitel der Olsa bereits in den ersten Stunden nach der Mitternacht zum 30. in die Oder, während der Höchststand der Oppa 24 Stunden später erst bis ungefähr zur Pegelstelle bei Deutsch-Krawarn vorgedrungen war, die noch 29 km von der Mündung des Flusses entfernt liegt. Die Anschwellung bewahrte in beiden Flüssen ähnlich mäfsige Grenzen, wie diejenige der oberen Weichsel; so betrug sie in der Oppa bei Deutsch-Krawarn, selbst wenn man sie bis zu dem vorangegangenen Tiefstand am 24. Juli zurückrechnet, nur $1^3/_4$ m (gipfelnd mit +2,15 m a. P. am 31. Juli 3 Uhr vormittags), wie denn auch bereits im Oderwerk (III, 2, S. 320) bemerkt ist, dafs der Unterschied zwischen den höchsten Wasserständen und dem mittleren Niedrigwasser bei dem ruhigen Abflufsvorgang in diesem Gewässer nur 1,6 bis 1,8 m grofs sei. Bezeichnend ist es in dieser Hinsicht auch, dafs der schnellste Wuchs des Wassers nur 8,2 cm/Stunde betrug, und auch dies nur 4 Stunden lang. Es blieb in der Oppa im wesentlichen bei einer einfachen Welle. Die Oderstrecke zwischen Oppa und Ostrawitza war jedoch bereits zuvor von einer Fluthwelle durchlaufen worden, die offenbar aus der Quell-Oder kam und ihren Scheitel bei Hoschialkowitz (1,4 km von der Mündung der Oppa) am 30., 10 Uhr vormittags mit +4 m a. P. vorüberführte. Mit

11) Man vergleiche namentlich Bd. I, S. 140—144 u. S. 201—203.

der Vereinigung von Oder und Oppa wächst das Entwässerungsgebiet um mehr als 125 % des Odergebietes[12]), und so betrug der gesamte Anstieg am Pegel zu Hoschialkowitz bereits 3,1 m, wovon etwas mehr als 1 m auf die letzten 24 Stunden vor dem Eintritt des Scheitels kamen. Unter der Einwirkung der herannahenden Oppawelle wurde dem Absinken des Wassers bereits um die Mitternacht zum 31., als es erst 19 cm ausmachte, Halt geboten und am Mittag des 31. ein zweiter, dem ersten annähernd gleicher Höchststand beobachtet.[13]) Mit einer dritten, aber unbedeutenderen Erhebung des Wasserspiegels (+3,72 m a. P. am 3. August 5 Uhr morgens, nach +3,43 m am 2. August 8 Uhr vormittags), die wohl auch aus der Quell-Oder stammte, verabschiedete sich das Hochwasser allgemach.

Die Ostrawitza verhielt sich ganz ähnlich, wie bei der Hochfluth im Juni 1894 (Oderwerk III, 2, S. 343). Wiederum zeigte sie an der Pegelstelle bei Mistek-Friedeck (am Mittellaufe des Flusses) zwei Anschwellungen, von denen die eine ziemlich bald zu einem Höchststande führte (+2,50 m a. P. 30. Juli $6^1/_2$ Uhr nachmittags gegenüber +0,22 m am 27.), während sich der zweite Scheitel auch diesmal am dritten Tage danach einstellte. Dafs derselbe auch noch wiederum gerade um 0,60 m unter dem ersten blieb, ist allerdings nur Zufall, denn allem Anschein nach ist die zweite Anschwellung auf die Gewitterregen in den ersten Tagen des August zurückzuführen, sodafs sie mit dem vorangehenden Hochwasser nur in lockerem Zusammenhang steht. Im Juni 1894 erstreckten sich beide Scheitel 20 cm höher, ohne dafs beklagenswerthere Schäden durch das Wasser angerichtet wurden. Da die angegebene Pegelstelle nur um 3,3 km weniger von der Mündung des Flusses entfernt ist, als Deutsch-Krawarn von der Oppamündung, so lassen sich beide Flüsse hinsichtlich ihrer Hochwasserzeiten ohne weiteres mit einander vergleichen. Dabei ergiebt sich, dafs die erste Anschwellung der Ostrawitza derjenigen der Oppa um etwa 9 Stunden voranging, wobei noch ganz von der Entfernung zwischen den Mündungen beider Flüsse abgesehen ist, welche diesen Zeitraum in Bezug auf den Hauptstrom noch vergröfsert.

Ungefähr in der Mitte zwischen den Mündungen von Ostrawitza und Olsa ist — bei Patlowetz — ein selbstschreibender Pegel aufgestellt. Von ganz unbedeutenden Schwankungen des Wasserspiegels (unter 10 cm) abgesehen, verzeichnete auch dieser drei Wellenscheitel, den ersten und höchsten (+3,95 m a. P. gegenüber +0,80 m 5 Tage zuvor) indes bereits am 30. Juli 5 Uhr vormittags, d. i. wesentlich früher, als der Wellenscheitel aus der oberen Oder oder gar aus der Ostrawitza dorthin gelangen konnte. Nun empfängt die letztere unterhalb der oben angeführten Pegelstelle freilich noch in der Lucina einen Nebenflufs, dessen Theilgebiet fast $^1/_4$ der gesamten Grundfläche des ganzen Ostrawitzagebietes umfafst, und wenn dasselbe auch nur dem Hügel- und Flachlande angehört, so wird doch auch im Oderwerk (III, 2, S. 338) von einem Falle berichtet, wo die Lucina rascher anschwoll, als die Ostrawitza und Olsa. Allein es ist doch wohl kaum anzunehmen, dafs sich durch die Speisung aus einem so kleinen Gebiet im Hauptflufs ein Höchststand herausbildete, der alle folgenden überragte. Eher ist wohl an einen Rückstau zu denken, der durch die erste Welle der Olsa auf das seit dem 28. in lebhafteres Steigen gerathene Oderwasser ausgeübt wurde. Der Scheitel der Olsawelle traf an der Pegelstelle bei Wilmersdorf noch auf den 29. Juli, und zwar auf 11 Uhr nachts. Für den früheren Eintritt des Hauptregenfalles ist dies um so bezeichnender, als jene Pegelstelle nur noch 9 km von der Mündung des 99 km langen Flusses entfernt ist. Die Pegelstelle bei Patlowetz liegt dann noch 8 km oberhalb der Olsamündung, und so stimmen Weglänge und Zeitdauer ungezwungen zu der Annahme, dafs der Rückstau des Wassers seine Höchstwirkung dort ungefähr um 5 Uhr morgens erreichte.

Vor allem wird diese Vermuthung aber durch die weitere Bewegung der Wasserstände bestätigt, die in der Olsa eine besonders lebhafte war. Aufser kleineren Schwankungen fanden an der genannten Pegelstelle nicht weniger als vier Erhebungen des Wasserspiegels statt, die den jeweilig voraufgegangenen Tiefstständen gegenüber 1,73, 0,80, 0,33 und 1,00 m betrugen und erst mit dem 4. August abschlossen. Am höchsten gingen die erste und letzte, nämlich auf + 3,85 und + 3,95 m a. P., während die Zwischenscheitel bei + 3,53 und + 3,65 m a. P. gipfelten und das der Hochfluth vorhergehende Niedrigwasser + 1,96 m am 24. und + 2,12 m am 27./28. Juli betrug. Auch hier ist die Ursache für die mehrfache Erregung wohl weniger in der Gliederung des Gewässernetzes, als in erneuten Regenfällen anfangs August zu suchen, die, wie schon erwähnt, vielfach mit Gewittererscheinungen verbunden waren und mehr örtlichen Charakter hatten. So wurden z. B. zu Olsau am 2. August 68,5 mm gemessen. Der Rückstau in die Oder scheint sich nun namentlich bei der zweiten und bei der vierten jener Wellen wiederholt zu haben. Denn bei Wilmersdorf trafen die Scheitel derselben auf den 2. August 2 Uhr nachmittags und den 4. August 7 Uhr vormittags; Höchststände der Oder folgten aber bei Patlowetz am 2. August 6 Uhr nachmittags (+ 3,91 m a. P.) und am 4. August 10 Uhr vormittags (+ 3,28 m a. P.), also diesmal in drei bis vier Stunden. Dafs die Oderwelle vom 2. August diejenige vom 4. so weit überragte, findet seine einfache Erklärung darin, dafs am 2. August auch die Ostrawitza im Wachsen begriffen war. Einzig aus sich selbst kann diese jedoch die Fluthwelle der Oder nicht ausgebildet haben; denn die Ostrawitza erreichte ihren Höchststand bei Mistek-Friedeck erst zu der gleichen Stunde, wie die Oder den ihren bei Patlowetz, und zwischen diesen beiden Pegelstellen liegt ein Wasserweg von 35 km.

Konnte die Olsa schon so beträchtlich zurückwirken, so mufste sie die Wasserstände unterhalb ihres Zusammenflusses mit der Oder um so mehr beherrschen. In der That tritt am Pegel in Olsau, 1 km unterhalb ihrer Mündung, der erste und zugleich wieder bedeutendste Höchststand (+ 5,00 m a. P.) bereits sechs Stunden nach dem Vorübergang ihres eigenen ersten Wellenscheitels bei Wilmersdorf ein, also genau zu derselben Zeit (30. Juli 5 Uhr vormittags), zu welcher sich die Höchstwirkung des Rückstaus in der Oder die 8 km bis nach Patlowetz hinauf fortgepflanzt hatte. Dafs der Wellenscheitel scheinbar 6 Stunden brauchte, um den nur 10 km langen Weg von Wilmersdorf bis nach Olsau zurückzulegen, darf nicht befremden; denn der Wasserspiegel konnte ja seine höchste Lage bei Olsau erst in dem Augenblicke erreichen, wo die von der Olsa gebrachte Wasser-

12) Man vergleiche Kartenblatt V zum Oderwerk.

13) Aus den Eintrittszeiten der Scheitel kann man nicht erschliefsen, mit welcher Geschwindigkeit die untere Strecke der Oppa von der Welle durchlaufen wurde. Unterhalb einer derartigen Vereinigung zweier Wasserarme sind ja Höchst- und Tiefststände des Wasserspiegels an die Voraussetzung gebunden, dafs die Wassermenge des einen Armes so schnell wächst, wie die des anderen abnimmt; denn nur dann ist der Differentialquotient der gesamten Abflufsmenge nach der Zeit gleich Null.

menge bereits wieder um soviel abnahm, wie diejenige der oberen Oder wuchs. Ebenso unmittelbar ging aus der letzten Fluthwelle der Olsa eine solche, und zwar ebenfalls die letzte der Oder hervor. Das vorangehende Wellenthal schritt am Pegel in Wilmersdorf am 3. August 9 Uhr abends (mit + 2,95 m a. P.) vorüber; der Scheitel folgte, wie aus den bereits oben gemachten Angaben hervorgeht, schon 10 Stunden später. Ersteres gebrauchte nun etwa $6^1/_4$, letzterer dagegen nur 2 Stunden, um (jenes mit + 4,12, dieser mit + 4,50 m a. P.) nach Olsau hinab zu gelangen, und auch dieser Unterschied erklärt sich ohne weiteres damit, dafs die Abflufsmenge der Oder seit dem Abend des 2. August bereits wieder im Abnehmen begriffen war, was in der vom Pegel in Patlowetz aufgezeichneten Curve nur durch den schon mehrfach erwähnten Rückstau aus der Olsa vorübergehend verhüllt wird. Der Niedrigststand mufste sich unterhalb der Vereinigung der beiden Wasserarme infolge dessen so lange verzögern, bis die Speisung aus der Olsa in demselben Mafse wuchs, wie diejenige aus der Oder abnahm; dies wird indessen sehr bald nach dem Zeitpunkt der geringsten Zufuhr seitens der Olsa der Fall gewesen sein; denn das Wasser der Oder verminderte sich recht langsam, während die Olsa in 10 Stunden um 1 m stieg. Anderseits mufste der Gipfel der Anschwellung bei Olsau auf den Augenblick vorrücken, wo die Zunahme des Olsa-Wassers und die Abnahme des Wassers der Oder einander das Gleichgewicht hielten. Letzteres dürfte aber schon längere Zeit vor dem Eintreffen des Höchststandes eingetreten sein; denn zu allerletzt pflegt ja der Wuchs des Wassers selbst bei spitzen Wellen ein etwas langsamerer zu werden. Aufserdem ist namentlich noch eine Anschwellung zu erwähnen, die den Wasserspiegel in der Zeit von den Morgenstunden des 2. August bis zur folgenden Nacht um 1,52 m (bis auf + 4,90 m a. P. in Olsau) hob. Auch sie war in der Hauptsache wohl durch die Olsa hervorgerufen, die seit der vorangehenden Mitternacht bis 2 Uhr nachmittags um mehr als $^3/_4$ m stieg. Gleichzeitig scheint aber auch eine Mehrung des von der Ostrawitza gebrachten Wassers stattgefunden zu haben.

Soweit der Abflufs des Hochwassers von hier an nicht durch die linken Nebenflüsse beherrscht wird, läfst er namentlich die Neigung zu einer Vereinigung der einzelnen Fluthwellen hervortreten, die denn auch schon bei Breslau erfolgt. Die weiteren rechten Nebenflüsse blieben samt und sonders ohne einschneidende Einwirkung auf den Hauptstrom, sodafs es genügen wird, ihrer erst weiter unten im Verein mit der Warthe Erwähnung zu thun.

Auch die links zufliefsende Zinna nahm das Wasser aus ihrem Hügellande so träge auf, dafs sie in ihrem Unterlauf vom 24. ab in 10 Tagen langsam um 1,2 m (auf + 1,32 m a. P. in Binkowitz) stieg und damit noch etwa 0,2 m unter Ausuferungshöhe und ohne jede Bedeutung für den Verlauf des Hochwassers blieb, dessen Scheitel am Pegel in Ratibor dann folgende waren:

1. + 5,64 m a. P., 30. Juli, 4 bis 8 Uhr nachmittags,
2. + 5,60 „ „ „ 3. August, 6 bis $10^1/_2$ Uhr vormittags,
3. + 5,16 „ „ „ 4. „ $6^1/_2$ bis 8 Uhr nachmittags.

Dieselben brauchten hiernach etwa 6 bis 11 Stunden, um die 22,4 km messende Strecke von Olsau bis Ratibor zu durchlaufen. Die Höhe der Anschwellung erfuhr dabei den gewöhnlichen Zuwachs, der durch die örtlichen Querschnittsverhältnisse bei Ratibor bedingt ist: Lagen bei Olsau die drei Hauptscheitel um 3,82, 3,72 und 3,32 m über dem bei der Beobachtung am 24. Juli festgestellten Niedrigwasser, so sind die entsprechenden Werthe für Ratibor 4,68, 4,64 und 4,20 m. Der Unterschied zwischen der Fluthgröfse bei Olsau und der bei Ratibor betrug hiernach, wenn man die Höhe des Wasserspiegels vom 24. als Anfangswerth festhält, beim ersten Scheitel 0,86, beim zweiten 0,92 und beim dritten 0,88 m, was auf ein gutes gegenseitiges Entsprechen der Wasserstände schliefsen läfst. Wollte man dagegen die Fluthgröfsen für die einzelnen Wellen berechnen, d. h. darunter den Abstand zwischen dem Wellenscheitel und dem ihm unmittelbar vorangehenden Tiefststande verstehen, so würde man keine brauchbaren Beziehungen finden, da die Wellenthäler an der allgemeinen Aufhöhung der Wasserstände viel stärker theilnahmen, als die Gipfel der Wellen. Während z. B. bei Olsau das Niedrigwasser zwischen den beiden ersten Hauptscheiteln um mehr als $1^1/_2$ m unter diesen lag, schrumpft der Abstand bei Ratibor bereits auf 1,10 und 1,06 m zusammen, und bei Birawa, 31,6 km weiter unterhalb, hat dieser Ausgleich weitere Fortschritte gemacht. Die beiden ersten Hauptscheitel, die bei Ratibor annähernd gleich hoch waren, erzeugen auch hier zwei einander fast gleiche Höchststände, nämlich + 4,42 und + 4,40 m a. P., womit die Gesamthöhe der ganzen Anschwellung, bezogen auf das ihr voraufgehende Niedrigwasser, wieder um etwa 1 m abgenommen hat. Die Einsenkung, welche die Wasserstandscurve zwischen jenen beiden Scheiteln zeigt, ist aber bereits auf 0,6 m vermindert, während die dritte Welle, die allerdings schon bei Ratibor nur eine ganz vorübergehende Unterbrechung des endgültigen Absinkens des Wassers darstellt, hier gänzlich verschwunden ist. Auch am Unterpegel im Coseler Hafen kehrt zwischen zwei fast gleich hohen Wellenscheiteln (+ 4,05 und + 4,02 m a. P.) eine Einsenkung des Wasserspiegels um 0,6 m wieder. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Fluthererscheinung fortpflanzte, betrug zwischen Ratibor und Birawa im ersten Wellenscheitel 1,6, im zweiten 2, von dort bis Cosel alsdann in beiden etwa 2 km/Stunde. Die Ausfüllung des Ueberfluthungsgebietes bildet wohl die Hauptursache für diese so kleinen Werthe.

Der erste wichtige, auch für die Wasserstandsvorhersage zu berücksichtigende Nebenflufs, den die Oder nach dem Austritt aus ihrem Quellgebiete empfängt, ist die Hotzenplotz. Im Oderwerk wird mehrfach darauf hingewiesen, dafs diese manche Eigenschaften mit der benachbarten, so gefürchteten Glatzer Neifse theilt, nur dafs diese allein schon durch die 4- bis 5fache Gröfse ihres Gebietes ungleich bedeutender ist. Auch diesmal wirkten beide Flüsse auf die Hochwasserstände der Oder in ganz ähnlicher Weise ein: Selbständige Fluthwellen konnten sie im Hauptstrome nicht entwickeln; die von ihnen hervorgerufene Vergröfserung des Hochwassers aber kam vorwiegend der ersten Hochwasserwelle zu gute, und zwar bei der Glatzer Neifse in so hohem Grade, dafs die zweite Welle dadurch beinahe ausgelöscht wurde.

Nach der vorangeschickten Witterungsübersicht gehört das Gebiet der Hotzenplotz bereits zu denjenigen, in welchen der Hauptregen erst vom 29. zum 30. fiel. Gleichwohl ging am Pegel in Deutsch-Rasselwitz der erste Hauptscheitel des Hochwassers bereits am 30. Juli (nach den zwei- bis dreimaligen Beobachtungen am Tage ungefähr um 7 Uhr vormittags in der Höhe von + 2,20 m a. P.) vorüber, worauf er die noch etwa 36,5 km lange untere Flufsstrecke bis ungefähr 9 Uhr nachmittags durchlief und im Hauptstrom zu einem beschleunigten Anstiege des bereits in voller Entwicklung begriffenen Hochwassers beitrug. Auch in den nächsten Tagen blieb die Wasser-

führung des Flusses eine recht reiche; nur ganz allmählich sank er in drei Tagen bei Deutsch-Rasselwitz auf einen Pegelstand (1,78 m), der noch immer 3 cm über dem mittleren Hochwasser von 1886/95 liegt, worauf dann bis zum Nachmittage des nächsten Tages (3. August) eine nochmalige Erhebung um 12 cm (oder etwas mehr) erfolgte. Veranlafst war diese allem Anschein nach auch hier durch die Gewitterregen, die sich allenthalben an die Dauerregen der letzten Tage des Juli anschlossen; in Neustadt z. B. fielen vom Morgen des 31. Juli bis zum Morgen des 2. August noch 51 mm. Zur Oder gelangte jene zweite kleine Anschwellung erst am Nachmittage des 4. August und traf hier ziemlich genau auf deren zweiten Wellenscheitel. Infolge der geringeren Höhe der zweiten Hotzenplotzwelle blieb dieser jedoch bei Oppeln bereits um 9 cm unter dem ersten, während der Unterschied bei Cosel nur 3 cm betragen hatte. Im ganzen nähert sich die Wasserstandscurve, wie schon angedeutet, immer mehr einem Linienzuge, der mäfsig schnell emporstrebt und sich dann ganz langsam senkt. So vollzieht sich der Uebergang von der ersten zur zweiten Welle bei Oppeln bereits 47 cm unter dem ersten und 38 cm unter dem zweiten Scheitel, und Hand in Hand damit geht die Neigung des Wasserspiegels, auf seinen Umkehrpunkten längere Zeit zu beharren. Am Pegel in Oppeln ergaben z. B. sieben über die 12 Stunden von $7^1/_2$ Vormittag bis $7^1/_2$ Nachmittag am 1. August ziemlich gleichmäfsig vertheilte Pegel-Ablesungen stets die gleiche Scheitelhöhe (+ 4,54 m), und auch bei der Wende zu nochmaligem Anstieg änderte der Wasserspiegel seine Lage in mehr als 7 Stunden so gut wie garnicht. Der zweite Scheitel wurde auch nur wenig schneller überschritten.

Die Gebietsfläche der Glatzer Neifse beträgt nicht ganz ein Drittel des bis vor ihre Einmündung gerechneten Sammelgebietes der Oder, während ihre Abflufsmenge zuweilen, wenn auch nur auf ganz kurze Zeit, diejenige der letzteren überwiegen kann (Oderwerk III, 2, S. 474). Diesmal geschah dies nicht, obschon die eintägigen Regenhöhen in den Gebirgen der Grafschaft Glatz stellenweise über 100, die 4tägigen aber über 200 mm hinausgingen. Die Wasserführung erfuhr jedoch dadurch einen gewissen Ausgleich, dafs die Hochwasserwellen der Seitengewässer den Flufs zu verschiedenen Zeiten erreichten.

Schon oberhalb der Mündung der Landecker Biele nimmt der Flufs (nach Oderwerk II, S. 64) 15 gröfsere Nebenbäche auf, die sämtlich mit grofsem Gefälle von den Bergen herabstürzen. Durch die Plötzlichkeit, mit welcher sich die Aenderungen des Wasserstandes in solchen Bächen vollziehen, wird der Ueberblick über den Verlauf des Hochwassers sehr erschwert. Vom Quell-Laufe der Neifse wird aus Ober-Langenau gemeldet, dafs dort das Hochwasser in der Nacht vom 29. zum 30. die Höhe von etwa 3 m am Pegel erreichte. Zwei Tage zuvor hatte letzterer noch trocken gelegen, und am Morgen des 30. war das Wasser bereits wieder auf 1,80 m a. P. zurückgetreten. Alsdann scheint das ausgeuferte Wasser langsam nachgefolgt zu sein; denn nachdem der Wasserspiegel in den nächsten zweimal 24 Stunden um 0,30 und 0,60 m gefallen war, behauptete sich während der nächsten vier Tage der Pegelstand + 0,90 m; der gleichzeitige Regenfall aber war ziemlich unbedeutend.

Die Führung des Hochwassers scheint die Landecker Biele, vielleicht im Verein mit einigen der zuvor vom Glatzer Schneegebirge herabkommenden Bäche übernommen zu haben. Der Glatzer Schneeberg hatte ja, wie oben erwähnt, vom 28. zum 29. bereits einen annähernd ebenso starken Regenfall, wie vom 29. zum 30. (85 und 95 mm), und die Landecker Biele, in deren Gebiet vom 27. zum 29. annähernd zwei Drittel der Menge vom 29./30. fielen (ohne freilich den Bach bis zum Morgen des 29. sonderlich zu erregen) hatte ihren Höchststand am Pegel in Eisersdorf, also blofs noch etwa 5 km von ihrer Einmündung in die Neifse entfernt, bereits nachts um 2 Uhr, während bei der Morgenbeobachtung am 30. das Wasser schon wieder um mehr als 1 m gefallen war. Einer Zeitungsnachricht zufolge war denn auch bereits am Abend zuvor um 6 Uhr eine drahtliche Hochwassermeldung von Landeck nach Glatz abgegangen, während Meldungen über Hochwasser in der Neifse selbst dort erst zwischen 2 und 3 Uhr nachts eintrafen. Für die Reinerzer Weistritz fehlt es leider ganz an einer Bestimmung der Zeit und des Mafses ihrer höchsten Anschwellung. In Glatz soll das Wasser der Neifse etwa um $3^1/_2$ Uhr nachts die Rinnsteine und allmählich die Strafsen zu füllen begonnen haben. Der Höchststand mufs ungefähr zur Zeit der Morgenbeobachtung eingetreten sein, die + 3,90 m a. P. ergab, während an den beiden Tagen zuvor + 0,30 und + 0,78 m gefunden waren. Auch die erwähnte Zeitungsnachricht, die früh um $6^1/_2$ Uhr niedergeschrieben wurde, enthält die Bemerkung, dafs der Höchststand des Wassers „jetzt“ erreicht zu sein scheine. Wenn sie dann aber hinzufügt, das Wasser habe höher gestanden, als 1883, so beweist das, mit welcher Vorsicht selbst solche an Ort und Stelle verfafsten Mittheilungen aufzunehmen sind; denn 1883 lag der Höchststand am gleichen Pegel auf + 4,85 m, also fast um einen vollen Meter höher als diesmal.

Ueber das Hochwasser der Glatzer Steine kann nur der günstige Umstand berichtet werden, dafs es die Neifse erst erreichte, als deren eigenes Wasser im Abnehmen war.

Die beste Uebersicht über den Abflufs des Wassers aus der Grafschaft Glatz in das Vorland giebt die vom Pegel in Wartha selbstthätig aufgezeichnete Wasserstandscurve. Anfangs nur wenig über Pegelnull, steigt dieselbe zunächst von den ersten Nachmittagstunden des 28. bis zum nächsten Morgen um 7 Uhr auf nahezu $^1/_2$ m. Von nun an bleibt die Geschwindigkeit des Anstiegs bis 10 Uhr abends nahezu unverändert (= 8,3 cm/Stunde), während sie sich um diese Stunde ziemlich plötzlich verdoppelt, sodafs die nächsten 6 Stunden ziemlich genau einen Zuwachs von + 1,75 auf + 2,75 m a. P. bringen. In den nächsten vier Stunden, von 4 bis 8 Uhr vormittags am 30., hebt sich das Wasser dann noch etwas schneller (um 20 cm/Stunde), bis 2 Stunden später unter stetigem Schwanken des Wassers zwischen + 3,52 und + 3,68 m a. P. der Wellenscheitel erreicht ist. Eine verhältnifsmäfsig steile Neigung zeigt auch der Rücken der Welle; denn um 4 Uhr früh am 31. ist das Wasser bereits wieder um 1,40 m (im Mittel also 8 cm/Stunde) gesunken. Offenbar stimmt diese Wellenform gut mit der Annahme überein, dafs die Fluthen der Biele und der Neifse im grofsen und ganzen zusammentrafen, dabei aber diejenige der Biele etwas voranging. So ist es wohl nicht unwahrscheinlich, dafs der letzte, beschleunigte Anstieg in dem Augenblicke begann, wo die vielleicht schon zum Rückgang neigende Hauptwirkung der Biele durch die der Neifse abgelöst wurde. Wäre eine der Wellen schon in ausgesprochenem Niedergang begriffen gewesen, als die andere eintraf, so würde ihre Verschmelzung kaum einen so spitzen Wellenscheitel ergeben haben.

Ungefähr um dieselbe Zeit, wo der Hauptscheitel der Hochfluth an der Pegelstelle bei Wartha vorüberging, war bei Neifse, 55 km weiter flufsabwärts, bereits das Hochwasser der mit starkem Gefälle von der südlichen Sudetenscholle (aus österreichischem Gebiet) herabkommenden Wildbäche angelangt, unter denen die Freiwaldauer Biele der bedeutendste ist. Am Mittag des 28. lag der Wasserspiegel am Pegel in Neifse noch auf —0,17 m, 24 Stunden später bei + 0,35 m; auf diese so harmlose Einleitung folgte dann aber in den nächsten 24 Stunden ein Anstieg um mehr als 3 m. Im Gegensatz zu der spitzen Welle bei Wartha verliefs der Wasserspiegel seinen Höchststand (+ 3,42 m a. P., am 30. um 12 Uhr mittags und 4 Uhr nachmittags beobachtet) nur langsam, und kaum war der Vorübergang des Wellenscheitels durch ein Sinken des Wassers um 15 cm erkennbar geworden, als nun auch die Glatzer Welle eintraf, die das Wasser bis zum nächsten Mittag auf +3,73 m a. P. steigen liefs und damit den Hauptscheitel der Anschwellung brachte. Dafs dieser sich, obschon er den ersten um einige Decimeter überragte, doch nur um noch nicht einmal einen halben Meter über das vorangehende Wellenthal erhob, beweist deutlich, dafs der Flufs längst aus seinen Ufern getreten war und nun ein breites Ueberschwemmungsgebiet die neu ankommenden Wassermengen aufnahm. Für die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher der Glatzer Wellenscheitel die Strecke von Wartha bis Neifse durchlief, läfst sich nur eine untere Grenze angeben. Denn der Höchststand mufste ja bei Neifse bereits auf den, nicht näher zu bestimmenden Zeitpunkt fallen, als die aus dem Glatzer Gebiet kommende Wassermenge nur noch um ebensoviel wuchs, wie die Zufuhr aus dem östlichen Theil des Gewässernetzes abnahm. Da nun zwischen dem Vorübergange des Höchststandes am Pegel bei Wartha und dem Eintritt des zweiten Höchststandes bei Neifse ungefähr 26 Stunden vergingen, so beträgt jene untere Grenze 2,1 km/Stunde. Dafs die wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit der einander entsprechenden Wasserstände etwas gröfser war, geht indes auch daraus hervor, dafs der dritte, übrigens unbedeutende Anstieg bei Neifse bereits 20 Stunden später begann, als die ihm vermuthlich entsprechende dritte Erhebung des Wasserspiegels am Pegel bei Wartha.

Auf der Strecke von Glatz bis zur Mündung pflegt der Wellenscheitel (nach Oderwerk III, 2, S. 471) eine mittlere Geschwindigkeit von 1,95 km/Stunde zu entwickeln. In erster Annäherung ist es wohl gestattet, diesen Werth auf die Gesamtzeit auszudehnen, während welcher der Wasserspiegel am Neifser Pegel über 3 m lag, was ungefähr vom 30. Juli 9 Uhr vormittags bis zum 1. August um dieselbe Stunde der Fall war. Wenn nun die 62,8 km lange Flufsstrecke von Neifse bis zur Mündung, der obigen Geschwindigkeit entsprechend, in 32 Stunden durchschritten wurde, so erhielt die Oder den stärksten Zuflufs aus der Neifse vom Nachmittage des 31. Juli bis zum Nachmittage des 2. August. Derselbe traf also gerade noch mit dem ersten, bis zur Olsa zurückzuverfolgenden Wellenscheitel der Oder zusammen, der ja bei Oppeln, 29 km weiter oberhalb, während des 1. August beobachtet worden war. Der Scheitel der zweiten Oderwelle, welcher an der Mündung der Neifse gegen den Mittag des 5. August anlangte, erhielt dagegen aus letzterer nur noch eine Verstärkung, die einem Wasserstande von etwa 2 m am Pegel in Neifse entsprach. Die Folge war, dafs, wie bereits oben erwähnt wurde, beide Wellen nicht unbeträchtlich anwuchsen, aber die erste doch wesentlich höher als die zweite. Wenn nämlich bei Oppeln eine Welle in der Höhe von etwa $4^1/_2$ m a. P. vorübergeht und die Neifse nicht wesentlich zu ihr beisteuert, so erscheint sie am Pegel in Koppen ungefähr in gleicher Pegelhöhe (was einer Abflachung um einige Decimeter gleichkommt). Diesmal mafsen die Scheitel indessen bei Oppeln + 4,54 und + 4,45 m a. P., bei Koppen aber + 5,14 und ungefähr + 4,87 m. Ihr zeitlicher Abstand blieb dagegen ungeändert, nämlich $3^1/_3$ Tage, und ebenso ging der dazwischenliegende Tiefststand dem zweiten Scheitel hier, wie dort, um 28 Stunden voran. Nur füllte sich infolge des Umstandes, dafs die Wasserführung der Neifse zwischen dem Vorübergang der beiden Oderwellen im grofsen und ganzen dauernd nachliefs, das Wellenthal zwischen beiden Scheiteln bereits soweit aus, dafs es bei Koppen nur noch 7 cm unter dem zweiten Scheitel lag, und schon am Oberpegel bei der Sandschleuse in Breslau lief das Hochwasser, das unterhalb der Oppa-Mündung in einer drei- und, genau genommen, sogar noch mehrfachen Welle bestanden hatte, in einer Form ein, in der das Absinken des Wasserspiegels nach dem Vorübergang des ersten Scheitels (+ 6,36 m a. P., am 3. August von 6 Uhr morgens bis $3^1/_2$ Uhr nachmittags) nur noch (bei + 6,08 m a. P. am 5./6. August) durch den verschwindenden Anstieg um 2 cm unterbrochen wurde. Beim Unterpegel an der Bürgerwerderschleuse ist endlich auch dieser kaum noch zu rechnende Wellenscheitel als solcher verschwunden und nur noch darin wiederzuerkennen, dafs vom 5. August 6 Uhr nachmittags bis zum 7. August 2 Uhr früh bei 17maliger Ablesung immer ein und derselbe Wasserstand (+ 3,28 m) gefunden wurde. Der Wellengipfel war + 3,70 m a. P. hoch und überschritt damit das mittlere Hochwasser von 1873/92 nur um fast $^1/_4$ m, wobei jedoch zu bemerken ist, dafs an der genannten Pegelstelle eine ständige Senkung der Wasserstände vor sich geht, sodafs jener Werth ein etwas gröfseres Hochwasser bedeutet, als es nach der blofsen Zahlenangabe scheinen möchte.

Nach Ohle und Lohe, die im wesentlichen nur in ihren eigenen Thälern toben (Oderwerk I, S. 142), bildet die Weistritz wieder einen auch für die Wasserhöhe im Hauptstrom wichtigen Hochwasserflufs. Ihre Anschwellung ging auch diesmal ziemlich rasch von statten; die Rückenseite der Welle dehnte sich dann aber bei deren Fortpflanzung flufsabwärts mehr und mehr. Wie in den benachbarten Quellgebieten von Katzbach und Bober, wurde auch im Oberlaufe der Weistritz der Höchststand noch in den Abendstunden des 29. Juli erreicht. Selbst noch an der Pegelstelle bei Ober-Weistritz, wo der Flufs eben im Begriff ist, das Eulengebirge zu verlassen, ging der Scheitel der Anschwellung allem Anschein nach noch kurz vor Mitternacht vorüber (+ 2,20 m a. P., $11^1/_2$ Uhr). Der Gesamtwuchs des Wassers betrug hier bereits 1,85 m, wovon 1,10 m auf die letzten 5 Stunden kamen. Am nächsten Vormittag stand das Wasser um $9^1/_2$ Uhr bereits wieder auf + 1,14 m a. P., während es von nun an recht allmählich weiter zurückwich.

Neben dem Austritt des Wassers in das stellenweise recht breite Ueberschwemmungsgebiet hat wohl namentlich die Peile durch ihren langsameren Wechsel der Wasserstände dazu beigetragen, den Wasserspiegel längere Zeit in der Nähe seines Höchststandes zu erhalten. So ergaben am Pegel zu Domanze die gewöhnlichen Ablesungen um 6 Uhr früh:

29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.	5.
0,74	**2,20**	1,92	1,90	1,80	1,60	1,38	1,20 m,

und noch etwas langsamer fiel die Weistritz bei Canth, nachdem sie ihren dortigen Höchststand nach einem Gesamtwuchs von 2,65 m am 31. um 2 Uhr nachmittags mit + 3,45 m a. P. erreicht hatte.

In ganz entsprechender Weise gestaltete sich die Fluthwelle im Striegauer Wasser um, das ja überhaupt eine weitgehende Aehnlichkeit mit der Weistritz zeigt. An der Stelle seines Austritts aus dem Gebirge schwoll der Flufs in $^3/_4$ Tag um mehr als 2 m (auf + 2,45 m a. P. bei Hohenfriedeberg am 30., $6^3/_4$ Uhr früh), sank dann aber in den nächsten 6 Stunden bereits wieder um 1 m und hierauf im Laufe eines Tages um fast ebensoviel. Striegau wurde von dem Wellenscheitel um $10^1/_2$ Uhr vormittags, also mit 2,6 km/Stunde Geschwindigkeit erreicht. Die Vorderseite der Welle erhob sich auch hier ziemlich steil um 2,3 m; dagegen folgte auf den Scheitel zunächst nur eine Senkung um 1,3 m, dann aber ein Beharren des Wasserstandes. Unterhalb der Einmündung des Freiburger Wassers (der Polsnitz) verlor dann auch die Vorderseite der Welle etwas an Steilheit. Zeitlich dürfte die Welle des Striegauer Wassers derjenigen der Weistritz um etwa $^1/_2$ Tag nachgefolgt sein. Bei der Dehnung der Wellen kommt dieser Unterschied indessen kaum in Betracht, und so wirkten beide Gewässer in der Weise zusammen, dafs die unterste Flufsstrecke eine einmalige, aber verhältnifsmäfsig hohe und, wie schon erwähnt, langandauernde Anschwellung hatte. Am Pegel in Deutsch-Lissa ging dieselbe in 3 Tagen um 2,80 m über den vorherigen Beharrungswasserstand (bis auf + 3,70 m a. P. am 1. Juli 3 Uhr nachmittags); dagegen war das Wasser drei Tage später erst wieder um 1 m gefallen und eine Woche darauf nur etwa um 0,4 m weiter.

Das Sammelgebiet der Oder wächst durch den Hinzutritt der Weistritz nur um 8% seines vollen oder 14% seines linksseitigen Umfanges. Schon hieraus geht hervor, dafs ein Hochwasser der Weistritz nicht leicht als selbständige Fluthwelle im Oderstrom fortbestehen kann, und dies ist völlig ausgeschlossen, wenn dessen eigenes Wasser selbst in so starkem Steigen begriffen ist, wie diesmal am 1. August, und so ist von einer Einwirkung der Weistritz nicht viel mehr als ein zeitweise beschleunigtes Ansteigen des Wassers zu merken.

Dies gilt sogar noch von der ihrem Gebiete nach ein wenig gröfseren Katzbach, in der doch das Hochwasser schon recht verheerend wüthete. Gleich zu den ersten Nachrichten aus dem Hochwassergebiet zählte ja auch die Kunde, dafs der Bahnverkehr bei Schönau unterbrochen und der Bahndamm bei Neukirch an zwei Stellen durchrissen sei. In der That erreichte das Hochwasser fast die Höhe desjenigen vom Juni 1883, welches bei Liegnitz auf + 3,94 m a. P. stieg und damit in neuerer Zeit weitaus das Höchste war. Diesmal machte das Wasser 2 Decimeter tiefer, also bei + 3,74 m a. P. Halt. Es bestätigte sich dabei, dafs der Uebergang aus dem Ruhezustande in die Hochfluth und die Fortpflanzung der Welle gewöhnlich so rasch stattfinden, dafs rechtzeitige Warnungen kaum möglich erscheinen (Oderwerk III, 2, S. 564). Denn schon um 10 Uhr am Abend des 30. war jener Wellenscheitel nach Liegnitz hinabgelangt, nachdem bereits am Mittage um 1 Uhr mit + 2,58 m a. P. eine Höhe des Wasserspiegels erreicht war, der man während der letzten Jahrzehnte nur noch ganz vereinzelt begegnet. Am Mittage zuvor hatte dagegen noch ein Beharrungs-Niedrigwasser von 0,00 m a. P. geherrscht. Hieraus geht zunächst hervor, dafs die Zahl 3,74 m zugleich mit der gesamten Ausschlagsweite des Wasserspiegels zusammenfällt. Aufserdem ist daraus zu ersehen, dafs der Wasserspiegel beim Beginn der Anschwellung mit gröfserer Geschwindigkeit emporgeschnellt sein mufs, als in den letzten 10 Stunden des Anstiegs. Wenigstens lassen die Beobachtungen in Goldberg, wie auch diejenigen an der Wüthenden Neifse in Bolkenhain mit ziemlicher Sicherheit darauf schliefsen, dafs bis Mitternacht das Verhalten des Flusses noch nirgends auf eine Hochfluth deutete.

Dafs der Fufs der eigentlichen Fluthwelle ziemlich scharf erkennbar war, wird auch durch die einigermafsen bestimmte Meldung des Beobachters in Goldberg bestätigt, dafs die Hochwasserwelle dort am 30. um $3^1/_2$ Uhr nachts eingetroffen sei. Der gleichzeitige Wasserstand ist leider nicht hinzugefügt (wohl weil Pegelbeobachtungen nicht mehr möglich waren). Ebenso findet sich für den dortigen Höchststand nur die Zeitangabe: früh $9^1/_4$ Uhr, während bezüglich der Höhe desselben aus einer anderen Bemerkung hervorzugehen scheint, dafs sich die gesamte Wellenhöhe auch hier auf ungefähr $3^3/_4$ m belief. Von der Wüthenden Neifse kann nur mitgetheilt werden, dafs sie in ihrem Oberlauf an der Pegelstelle bei Bolkenhain ihren Höchststand ebenfalls in der Nacht zum 30. hatte, und zwar mit + 2,40 m a. P., was einer Anschwellung um etwas mehr als 2 m entspricht. Wie diese Welle unterwegs wuchs und auf diejenige der Katzbach einwirkte, war nicht festzustellen. Zur Zurücklegung der Strecke von Liegnitz bis zur Mündung des Flusses braucht der Scheitel der Fluthwelle (nach Oderwerk III, 2, S. 565) noch etwa 9 bis 10 Stunden. Er erreichte den Strom somit in den Vormittagstunden des 31., sodafs dessen stark ansteigendes Wasser unter der Einwirkung der seitlichen Zufuhr noch etwas schneller in das Ueberfluthungsgebiet übertrat, als es sonst der Fall gewesen wäre. Als dann 5 Tage darauf der Scheitel der Oderwelle herannahte, war die Katzbach längst wieder so weit gefallen (bei Liegnitz auf etwa + 1 m a. P.), dafs ihre Abflufsmenge zur Höhe des Oderhochwassers nur wenige Centimeter beisteuern konnte.

Am Bober hat sich die Erfahrung, dafs sein Abflufsvorgang vorwiegend durch Lomnitz und Zacken beherrscht wird (Oderwerk III, 2, S. 590) wohl kaum je so sichtlich und so betrübend bewahrheitet, wie diesmal. Der mit starkem Nordwestwinde verbundene Wolkenbruch, der die letzte Ursache der Heimsuchung bildete, erfuhr am Kamme des Gebirges augenscheinlich eine gewisse Hemmung und traf dadurch das Gebiet jener Bäche nicht nur am schwersten, sondern zugleich auch am frühsten. Wenigstens brachten die Gebirgsbäche, die dem engeren Quellgebiete des Bober angehören, ihr Hochwasser sämtlich erst einige Stunden später, als Lomnitz und Zacken. Da nun der Bober bei geringerem Gefälle bis zum Hirschberger Thal auch eine bedeutend gröfsere Lauflänge besitzt, als Lomnitz und Zacken, so konnte sein Hochwasser erst eintreffen, als durch letzteres die Niederungen um Hirschberg längst unter Wasser gesetzt waren. Bemerkenswerth ist jedoch, dafs Hirschberg zunächst weniger von der Seite des Riesengebirges aus, als von der Sattlerschlucht her bedroht war. Bei dem kräftigen Regen, der seit der Nacht zum 28. ohne Unterlafs fiel und am 29. immer ärger wurde, bot diese schon am Abend des 29., etwa um 10 Uhr, nicht mehr die genügende Durchflufsweite, und dem dadurch hervorgerufenen Rückstau des Wassers ist es wohl zuzuschreiben, dafs sich der Wasserspiegel am Pegel in Hirsch-

berg zunächst von 7 Uhr abends bis Mitternacht um 0,45 m hob, wodurch das Wasser auf + 2,90 m a. P. kam. Am Mittag zuvor scheint sich bereits eine ähnliche Stauwirkung geltend gemacht zu haben; denn zwischen 12$^1/_2$ und 2 Uhr stieg das Wasser ziemlich plötzlich von + 2,05 auf + 2,55 m a. P., ging dann in den nächsten Stunden auf + 2,45 m zurück und beharrte hier mehrere Stunden, bis gegen Abend jene zweite Erhebung begann.

Zwischen 1 und 2 Uhr nachts wurde den Bewohnern Hirschbergs durch Alarmsignale ernste Gefahr verkündet; Zacken und Lomnitz waren mit der Hauptmasse ihres Hochwassers zur Stelle. Erst wenige Stunden zuvor, etwa um 10 Uhr, hatten sie im Gebirge zerstörend zu wirken begonnen. Ueber die Zeit, wo der Zacken bei Petersdorf, dem Orte der Vereinigung des Grofsen und Kleinen Zacken, gefährlich zu werden begann, schwanken die Angaben etwas. Sicher ist jedenfalls, dafs die Hochfluthen, welche ihm während der letzten Stunden vor Mitternacht im Agnetendorfer- und Hainwasser von Süden her zuströmten, längst im Bette des Zacken keinen Platz mehr finden konnten. Bezüglich der Lomnitz stimmen alle Nachrichten im wesentlichen darin überein, dafs sie oben im Gebirge etwa um 10 Uhr, unten an der Mündung aber etwa um 12 Uhr die ersten Schäden anrichtete. Diese kurze Frist genügte also den Wassern, um den 21 km langen Bach zu durcheilen, der allerdings mit einem Riesengefälle und fast ohne Laufentwicklung vom Gebirgskamm herabstürzt. Für den späteren Eintritt des Hauptregens in den sich östlich an den Riesenkamm anschliefsenden Bergzügen ist es bezeichnend, dafs schon das Hochwasser der Eglitz demjenigen der Lomnitz um einige Stunden nachfolgte.

Als früheste Stunde, zu welcher der Bober im Kreise Landeshut verheerend zu werden begann, wird 2$^1/_2$ Uhr nachts genannt. In guter Uebereinstimmung mit dieser aus Blasdorf (einige Kilometer unterhalb Liebau) stammenden Angabe befindet sich die weitere Meldung, dafs in Buchwald (oberhalb Liebau) das Wasser seinen Höchststand gegen 3 Uhr früh hatte. In Landeshut, etwa 14 km weiter unterhalb, wurde dieser um 3 Uhr 40 Minuten nachts und unverändert dann noch bei der üblichen Ablesung um 9$^1/_2$ Uhr vormittags in der Höhe von + 2,00 m a. P. gefunden. Die Ausuferung mufs hier besonders frühzeitig begonnen haben. Denn schon vom Morgen des 28. bis zum Morgen des 29. war der Bach um einen vollen Meter, auf + 1,75 m a. P. gestiegen und schon damit seinem Höchststande seit 1890 auf 9 cm nahe gekommen. Um 8$^3/_4$ Uhr abends wurde jener Wasserstand wiedergefunden, ein Zeichen dafür, dafs die doch nicht unbeträchtlichen Wassermengen, welche dem Bach im Laufe des Tages zugeflossen waren, sich grofsentheils über seine Ufer ergossen hatten. Nur so wird es ja auch erklärlich, dafs der Wolkenbruch in der Nacht dann das Wasser nur noch um $^1/_4$ m hob. Die Entleerung des Ueberfluthungsgebietes erfolgte dann ziemlich allmählich; um 4$^3/_4$ Uhr am Nachmittag des 30. war das Wasser erst wieder um $^1/_4$ m gefallen, und am nächsten Morgen stand es noch bei + 1,45 m a. P. Den Zeitpunkt, zu welchem der Scheitel der Boberwelle ins Hirschberger Thal eintrat, wird man etwa zwischen 6 und 7 Uhr früh anzunehmen haben. So wird aus Rohrlach (6 bis 7 km unterhalb Kupferberg) berichtet, dafs dort die Gefährdung durch das Wasser von 5 bis 11 Uhr vormittags währte, und der Wellenscheitel pflegt ja in Gebirgsbächen dem ersten Schaden-Hochwasser sehr schnell zu folgen. Am Hirschberger Pegel war das Wasser von Mittternacht bis 6 Uhr früh von + 2,90 auf + 5,00 m gewachsen. Zu der Wasserzufuhr vom Riesenkamm her, die immer noch in recht reichlichem Mafse fortdauerte, kam nun noch das Hochwasser des oberen Bober, und so hob sich der Wasserspiegel trotz des gewaltigen Umfanges des Ueberschwemmungsgebietes nur mit gesteigerter Schnelligkeit weiter. Die Höhe, bei der dann endlich um 10 Uhr vormittags die Umkehr eintrat, hat man nachträglich auf 7,73 m a. P. geschätzt; 24 Stunden hatten also zu einer Erhebung des Wassers um 5$^3/_4$ m genügt, die dazu noch ganz harmlos begann, in den letzten 10 Stunden aber mehr als 4$^3/_4$ m betrug. Ob und wie weit damit das vorjährige Hochwasser wirklich alle sonstigen dieses Jahrhunderts überstieg, wird sich schwerlich mit völliger Gewifsheit feststellen lassen. So fehlt es namentlich für die grofse Sommerhochfluth des Kriegsjahres 1813 (Oderwerk III, 2, S. 614) an Hochwassermarken, und auch andere Hochwasser aus dem Anfang des Jahrhunderts, besonders z. B. dasjenige des Jahres 1804, kämen bei einer Vergleichung mit dem vorjährigen in Frage. Eins unter diesen soll bei Schmiedeberg höher gestiegen sein, als das vorjährige; seit 1813 haben indes Schmiedeberg und Hirschberg wohl in der That bei weitem nicht ein so hohes Wasser gesehen, wie jüngst.

Ueber den Abflufs des Wassers aus dem Hirschberger Kessel stehen leider nur dürftige Angaben zu Gebote. Dafs die Gefahr in dem engen Durchbruchsthal des Bober sehr zeitig begann, wurde oben bereits erwähnt. In Lähn trat, wie von einem dortigen Mühlenbesitzer gemeldet wird, der Bober um Mitternacht über seine Ufer, hatte um 4 Uhr die ganze Stadt unter Wasser gesetzt und stieg dann noch bis 1$^1/_2$ Uhr nachmittags. Die Pegelbeobachtung war infolge der Ueberschwemmung nicht möglich. Die Erregung des Flusses hatte ziemlich bald nach dem Eintritt des Dauerregens begonnen. Denn am Mittage des 28. lag der Wasserspiegel noch unter Mittelwasser, am Mittag des 29. dagegen schon nicht mehr allzuviel (0,37 m) unter dem mittleren Hochwasser, das 2,77 m a. P. beträgt. Erst am 1. August war er wieder bis zur Höhe des letzteren gesunken, und der weitere Abfall des Wassers war dann ein so langsamer, dafs es am 10. noch 0,2 m über dem Jahres-Mittelwasser war. Für die nächste Pegelstelle, Klein-Eulau (unterhalb Sprottau), bleibt bezüglich der gröfsten Wasserhöhe eine ähnliche Unsicherheit, indem nur berichtet wird, dafs der Wasserstand am 31. am Mittage, der gewöhnlichen Beobachtungszeit, ungefähr + 4,50 m, am nächsten Mittage + 4 m a. P. betrug. Der Fufs der Fluthwelle traf, den Schadenwirkungen nach zu urtheilen, in den ersten Frühstunden des 31. dort ein; denn mit guter Uebereinstimmung wird gemeldet, dafs er tags zuvor in der Zeit von 12 bis 2 Uhr früh von Lähn bis Siebeneichen, dann in je zwei Stunden bis Löwenberg, Braunau und Grofs Walditz, hierauf um 1$^1/_2$ Uhr nachmittags bis Bunzlau und endlich um 10$^1/_2$ Uhr abends bis nach Ober- und Nieder-Leschen gelangt war. Da die Strecke von Lähn bis Ober-Leschen etwa 78$^1/_2$ km, bis Nieder-Leschen etwa 84 km mifst, so entspricht dies einer mittleren Geschwindigkeit von 3,5 bis 3,8 km/Stunde.

Der Queis verhielt sich ganz ähnlich, wie der Bober selbst, nur noch etwas ungestümer, als dieser. Die Zerstörungen begannen im Friedeberger Thale nur wenig später, als in der Hirschberger Gegend. Aus den einmal täglichen Beobachtungen am Pegel zu Friedeberg ist leider über die Höhe der Fluth

nichts zu entnehmen. Dagegen geht aus denselben hervor, dafs der Wasserstand am Mittag des 29. noch ein sehr mäfsiger war; das Wasser war nämlich vom 27. zum 28. um 0,22, zum 29. dann um 0,40 m gestiegen. Kurz nach 2 Uhr nachts aber trat der Flufs, einer Zeitungsnachricht zufolge, wildbrausend aus seinen Ufern. In der sechsten Stunde, als das Wasser bereits wieder im Sinken war, fiel ihm auch die grofse, erst nach dem Hochwasser 1888 neu erbaute Röhrsdorfer Brücke zum Opfer. In Greiffenberg (9 km von Friedeberg) erreichten die Fluthen in der fünften Morgenstunde ihre gröfste Höhe, von der es heifst, dafs sie diejenige vom Jahre 1888 noch ungefähr um 20 cm überragte. Die Gefahr soll hier von 1 Uhr früh bis zum nächsten Mittage angehalten haben, während für das benachbarte Friedersdorf ein etwas kürzerer, aber gut in diese Grenzen passender Zeitraum angegeben wird.

Bei Siegersdorf, also bereits ziemlich weit unten an der Hügellandstrecke des Flusses, lag der Wasserspiegel am Mittag des 29. bereits 0,9 m über Mittelwasser; die nächsten 22 Stunden brachten eine weitere Erhebung um 2 m, während hierauf ein aufserordentlich schneller Anstieg: in $1^1/_2$ Stunde um 1 m folgte. Der Wellenscheitel wurde dann, augenscheinlich infolge des schnellen Anwachsens des Ueberfluthungsgebietes, langsamer erstiegen, indem das Wasser in den $4^1/_2$ Stunden von $11^1/_2$ bis 4 Uhr mittags noch um 0,90 m wuchs und damit seinen Höchststand bei + 5,40 m a. P., hier thatsächlich genau 0,20 m über demjenigen im August 1888 erreichte. Das Wasser fiel nun zunächst langsam bis zum 1. August 6 Uhr nachmittags auf + 3,70 m a. P., erhob sich dann aber bis Mitternacht nochmals auf + 4,50 m. Bei dem darauf folgenden Absinken verweilte es vom 2. bis zum 4. August in der Höhe von + 3,40 m a. P., und eine gröfsere Senkung erfolgte dann erst zwischen dem Mittag des 5. und dem Vormittag des 6. August, nämlich von + 3,20 auf + 2,50 m a. P., womit wieder diejenige Grenze erreicht war, bei welcher der telegraphische Meldedienst an der Pegelstelle abgebrochen wird. Da man den Wellenscheitel für Friedeberg wohl auf etwa 3 Uhr früh anzusetzen hat, so durchlief dieser die Zwischenstrecke von $69^1/_2$ km mit $5^1/_3$ km/Stunde mittlerer Geschwindigkeit.

Bei der oben ermittelten Geschwindigkeit mufs der Fufs der Schadenwelle des Bober am 31. etwa zwischen 4 und 6 Uhr früh bis zur Mündung des Queis gelangt sein und dort dessen eigene Fluthwelle bereits auf dem Höhepunkte ihrer Entwicklung getroffen haben. Wenn der Scheitel derselben auch von Siegersdorf ab die Geschwindigkeit von $5^1/_3$ km/Stunde behauptete, so war er sogar schon um 1 Uhr nachts zur Stelle, während sich dieser Zeitpunkt für den Fall einer zuletzt etwa auf 4 km/Stunde ermäfsigten Geschwindigkeit um 3 bis 4 Stunden hinausschieben würde. Wiederum vereinigten sich also die Wellen beider Gewässer, ganz wie es der nur durch die geringere Lauflänge des Queis etwas eingeschränkten nahen Verwandtschaft derselben entspricht und wie es das Oderwerk (III, 2, S. 608 unten) als das gewöhnliche angiebt, zu einer einheitlichen Boberwelle. Welche Wassermassen sich in dieser auf einander thürmten, geht daraus hervor, dafs der Wasserspiegel bei Sagan zwischen den beiden Mittagsablesungen am 30. und 31. von + 0,90 auf + 6,00 m stieg und schon damit um 0,80 m über den Scheitel des Hochwassers vom August 1888 hinausging, der seit dem Beginn der dortigen Pegelbeobachtungen (1870) den höchsten Wasserstand bildete. Wahrscheinlich stieg indessen der diesmalige Wellenscheitel noch über 6 m, da der Pegelbeobachter nur die üblichen Mittagsablesungen mittheilt. Das allmähliche Absinken des Wassers, das in den ersten vier Tagen 1,00, 0,90, 0,50 und 0,85 m betrug, ging auch hier nicht ohne eine kleine Unterbrechung vor sich, die indessen zu spät kam, als dafs man sie mit der oben erwähnten kleinen Nachwelle des Queis in Verbindung bringen könnte.

Auch die Beobachtungen an den Pegeln in Christianstadt führen die ganz aufserordentliche Höhe der Fluth besonders klar vor Augen. Für den doch schon recht ansehnlichen Zeitraum 1837/96 betrug der höchste eisfreie Wasserstand am dortigen Unterpegel + 3,33 m, und nur während eines Eisganges stieg das Wasser einmal auf + 4,13 m a. P. (Oderwerk III, 2, S. 610 bis 611). Diesmal zeigte der Pegel bereits am Mittag des 31. + 3,10, am nächsten Mittage + 4,80, in den nächsten Tagen aber immer noch + 3,50 und 3,40 m, sodafs das Wasser drei volle Tage lang über dem eisfreien Höchststand der letzten 60 Jahre blieb. Dabei geben jene Zahlen bei weitem noch nicht den wirklichen Wellenscheitel; vielmehr giebt der Beobachter diesen mit + 5,80 m in der Nacht vom 31. Juli auf den 1. August an. Leider ist nicht hinzugefügt, ob am Ober- oder Unterpegel, was bei so hohen Wasserständen naturgemäfs nur noch insofern Bedeutung hat, als der Nullpunkt des Oberpegels um 0,58 m tiefer liegt als beim Unterpegel. Selbst wenn nun aber jene Angabe für den Oberpegel gelten sollte, so kommt für den Unterpegel immer noch + 5,22 und damit 1,89 m mehr heraus, als der bisherige eisfreie Höchststand betrug.

An der untersten Pegelstelle, bei Kuckädel, die von der Mündung des Flusses nur noch $20^1/_2$ km entfernt ist, wurden am 1. August um 3 Uhr nachmittags + 4,75 und drei Stunden später + 4,69 m a. P. abgelesen. Der wahre Höchststand dürfte kurz nach 3 Uhr eingetreten sein und lag vielleicht noch wenige Centimeter über dem ersten Werthe. Die Form der Hochwasserwelle war inzwischen, was auch schon hätte für die vorangehende Pegelstelle bemerkt werden können, eine völlig andere, unvergleichlich flachere geworden, als bei Sagan. Mit der mäfsigen Anstiegsgeschwindigkeit von 4 bis 5 cm/Stunde kam der Fufs der Welle am 30. heran; erst am Mittag des 31. verdoppelte sich diese Geschwindigkeit ziemlich plötzlich, ging aber über 10 cm/Stunde niemals ernstlich hinaus, und so blieb der höchste 24 stündige Zuwachs des Wassers unter $2^1/_2$ m, also unter der Hälfte des bei Sagan beobachteten Werthes. Ungefähr halb so schnell als es zuletzt gestiegen war, begann das Wasser dann wieder zu fallen. In der Nacht zum 2. erfolgte jedoch noch ein ganz geringer Anstieg, der möglicherweise der zweiten Welle des Queis entsprach.

Ganz ungewöhnlich war das vorjährige Hochwasser des Bober auch durch die Geschwindigkeit, mit der es den zum Strom gewordenen Flufs durcheilte. Nach dem Oderwerk (III, 2, S. 619) brauchen höhere Fluthwellen desselben etwa drei Tage, um von Landeshut bis nach Christianstadt zu gelangen, während bei weniger reifsenden Hochwassern der Zeitbedarf gröfser zu sein scheint (und in der Hochwasser-Meldeordnung auch gröfser angegeben wird). Im Gegensatz hierzu genügten diesmal ziemlich genau 60 Stunden, also $2^1/_2$ Tage, um den Fluthscheitel von Landeshut bis nach Kuckädel (also noch etwa 28 km weiter) hinabzuführen. Da die Zwischenstrecke $235^1/_2$ km mifst, so stellt sich die daraus folgende mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 3,92 km/Stunde ein wenig höher, als sie oben für den Fufs

der Schadenwelle zwischen Lähn und Ober- und Nieder-Leschen gefunden wurde. Zu der physikalischen Bedeutung dieses Mittelwerthes ist jedoch zu bemerken, dafs der Wellenscheitel vor allem an der Mündung des Queis einen vielleicht nicht ganz aufser acht zu lassenden Sprung ausgeführt haben kann; denn da dessen Wasserführung bereits wieder etwas nachliefs, so wurde unterhalb des Zusammenflusses beider Gewässer die höchste secundliche Abflufsmenge bereits etwas früher erreicht, als sie vom Bober gebracht wurde. Aufserdem braucht wohl kaum betont zu werden, dafs sich der Fluthscheitel im Gebirge besonders schnell thalwärts bewegte, so z. B. von Landeshut bis Hirschberg mit $43^1/_5 : 6^1/_3 = 6{,}8$ km/Stunde Geschwindigkeit. Doch auch die Bedeutung dieses Werthes unterliegt entsprechenden Einschränkungen, da sich ja im Hirschberger Kessel so viele Wasserarme vereinigen.

Mit den Gewässern, die vom südwestlichen Hange der Sudeten der Elbe zufliefsen, empfing auch die Lausitzer Neifse ein gewaltiges Hochwasser, an dessen Erzeugung das österreichische Quellgebiet und das sächsische Gebiet der linksseitigen Gebirgszuflüsse anscheinend in ziemlich gleicher Stärke betheiligt waren. In Sachsen, wo die Niederschlagshöhe vom 29./30. gegen 100 und die viertägige Summe vom 27./31. gegen 150 mm betrug, war die Höhe der Anschwellung über das Niedrigwasser des Herbstes 1896 nach ungefährer Einmessung folgende: in der Mandau bei Gr.-Schönau 3,55 m, weiter unterhalb bei Althörnitz 2,75 m, im Oberlaufe des Landwasser, einem kleinen Nebenbache der Mandau, bei Niederoderwitz 1,52, in der Neifse selbst an der Brücke in Ostritz 3,98 und endlich in der Pliefsnitz, ihrem zweiten gröfseren linksseitigen Nebenflusse, bei Oberrennersdorf 2,08 und bei Bernstadt 3,12 m. In der Neifse selbst war das Hochwasser ein so mächtiges, dafs man schon weit zurückgehen mufs, um einem gleichen zu begegnen. Seitdem vor nunmehr fast 60 Jahren regelmäfsige Beobachtungen am Pegel in Görlitz begannen, wurde dort sonst nie eine Wasserstandshöhe über + 4,24 m a. P. (diese am 15. Juni 1880), diesmal dagegen eine solche von + 5,30 m gefunden; der Abstand beträgt also mehr als einen Meter, während anderseits unter den Hochwassern früherer Jahre, deren Höhen noch durch Marken erhalten sind, das bedeutendste, nämlich dasjenige des Sommers 1804, die diesmalige Scheitelhöhe noch um 0,63 m überstieg (Oderwerk III, 2, S. 647 und 649). Das Wasser schwoll dabei diesmal bei Görlitz ungefähr mit der gleichen Geschwindigkeit, wie im benachbarten Queis an der einigermafsen entsprechenden Pegelstelle bei Siegersdorf. Am 29. waren um 7 Uhr vormittags noch 1,36 m und 25 Stunden später 1,80 m a. P. gefunden worden. Die nächsten zwei Stunden genügten dann, um das Wasser $^1/_2$ m zu heben, und hierauf stieg es sogar in $^1/_4$ Stunde um $^1/_4$ m, um schliefslich mit wechselnder Geschwindigkeit seinen oben angegebenen Höchststand um $5^3/_4$ Uhr nachmittags (am 30.) zu erreichen. Auf ihrer Rückseite war die Hochwasserwelle namentlich infolge zahlreicher Deichbrüche wesentlich flacher; schon um 10 Uhr nachmittags trat bei + 5 m a. P. ein mehrstündiger Stillstand des Wassers ein; 12 Stunden später lag der Wasserspiegel noch bei + 4 und weitere 12 Stunden später ziemlich genau bei + 3 m. Am Nachmittag des 1. August wurde infolge erneuter Regengüsse im Quellgebiet des Flusses abermaliges Hochwasser angekündigt, und in der That schickte sich das Wasser kurz nach Mittag bei + 2,30 m a. P. zu neuem Steigen an. Doch erhob es sich diesmal nur auf + 3,60 m, die am 2. August 3 Uhr früh beobachtet wurden. Am 10. August war dann nach ganz allmählichem Absinken wieder dasselbe Niedrigwasser (+ 1,30 m a. P.) erreicht, das dem Hochwasser vorangegangen war.

Das Oderwerk berichtet (III, 2, S. 649) von einer ortsüblichen Annahme, nach welcher der Höchststand am Unterpegel in Guben auf reichlich die Hälfte des in Görlitz beobachteten vorauszusagen ist. Es wird aber hinzugefügt, dafs diese Erfahrung sich bei Schmelzwasserfluthen häufig nicht bewähre, sondern bei diesen der Wasserstand in Guben oft wesentlich höher ausfalle. Das Oderwerk vermuthet in diesem Gegensatz eine Einwirkung der Lubst, die auch diesmal reichliches Wasser führte. Zum Theil dürfte derselbe aber wohl auch daher rühren, dafs die durch die Schneeschmelze erzeugten Fluthwellen meist weniger spitz sind und sich daher auch weniger abflachen können, als die viel plötzlicher entstehenden sommerlichen Anschwellungen. Auch die diesmalige Welle war, wie erwähnt, auf ihrer Rückseite ziemlich flach; vor allem aber hatte sie eine Höhe, für die jener Erfahrungssatz überhaupt noch nicht erprobt werden konnte, und so ging sie am Unterpegel in Guben mit einer Scheitelhöhe: + 3,45 m a. P. vorüber, die um 0,80 m über der Hälfte des Görlitzer Höchststandes lag. Noch gröfser war das Mifsverhältnifs bei der Nachwelle, die sich am Gubener Unterpegel nicht mit einer Höhe von + 1,80 m a. P. begnügte, sondern eine solche von + 2,72 m annahm. Welcher Tiefststand diesem zweiten Scheitel voranging, ist leider nicht genau zu ersehen; doch scheint derselbe, ähnlich wie bei den Oderwellen, den Scheiteln immer näher gerückt zu sein. Für die Zeit, in welcher der Wellenscheitel die 133,6 km von Görlitz nach Guben zurücklegt, hat sich nach den bisherigen Erfahrungen ein Werth von noch nicht ganz 3 Tagen ergeben, und auch diesmal wurde derselbe mit $69^1/_4$ Stunden = 1,93 km/Stunde ziemlich genau innegehalten. Sonst haben gerade die neueren Hochwasser den Weg in etwas kürzerer Frist durchlaufen, z. B. dasjenige vom Juni 1880 und vor allem dasjenige vom Mai 1887, das nur 53 Stunden dazu gebrauchte.

Von der Mündung des Bober an wird der Abflufsvorgang durch die Wellen des Bober und der Neifse auf der einen Seite und durch die der Oder und der Warthe auf der anderen beherrscht. Der Bober stieg bei Kuckädel vom Mittag des 29. an in 75 Stunden um 4 m, im Mittel also um 5,3 cm/Stunde. Am Pegel in Crossen, der allerdings nur im Rückstau des Bober liegt und von demjenigen bei Kuckädel durch einen Wasserweg von 21 km getrennt ist, war bis zum Mittag des 31. von dem herannahenden Hochwasser noch kaum etwas zu bemerken. Dann begann sich der Wasserspiegel aber auch hier mit einer Schnelligkeit zu heben, die derjenigen im unteren Bober nicht allzuviel nachgab und im ganzen 2,69 m in 67 Stunden, also durchschnittlich 4,0 cm/Stunde betrug. Allerdings geschah dies nicht ausschliefslich unter der Einwirkung des Bober; denn inzwischen flofs auch die flach geböschte Fluthwelle der Oder heran, die jedoch vorläufig erst eine nach wenigen Decimetern zählende Höhe besafs. Immerhin genügte dies Anwachsen, um den Bober die Führung des Wellenscheitels im weiteren Oderlaufe nicht sogleich in dem Augenblicke übernehmen zu lassen, in welchem der Gipfel seiner eigenen Fluthwelle in das Strombett trat, was in den letzten Abendstunden des 1. August der Fall gewesen sein dürfte. Am Pegel in Crossen wurde die Umkehr des Wasser-

spiegels erst morgens um 7 Uhr bemerkt, und ganz entsprechend trat sie am Pegel in Polenzig, der nur 16,1 km unterhalb der Mündung des Bober liegt, erst mittags ein. Die Höhe des Wasserspiegels schwankte jedoch von dieser Stunde an bis zum Vormittage des 8. August an beiden Pegelstellen überhaupt nur um 3 Decimeter, indem derselbe durchschnittlich 1 m über der Ausuferungshöhe in Crossen verblieb, dabei aber bald stieg, bald fiel. Beim Zusammentritt zweier Flufsläufe genügt es ja im allgemeinen schon, dafs die Wassermenge des einen ebenso schnell sinkt, wie die des anderen steigt, um einen vorübergehenden Höchst- oder Mindestwerth der gesamten Abflufsmenge hervorzurufen.

Der Gipfel der Oderwelle gelangte mit einer ganz ungewöhnlichen Langsamkeit zur Mündung des Bober hinab. Breslau hatte er noch mit einer Geschwindigkeit verlassen, die zwar nicht scharf zu bestimmen ist, aber bis zur Katzbachmündung doch nirgends unter 2 km/Stunde, im Mittel bis Maltsch hin sogar gegen 3 km/Stunde betrug. Für die Strecke Maltsch-Köben, die 34 km unterhalb der Einmündung der Katzbach endet, verringerte sich die Geschwindigkeit dann aber plötzlich auf 1,45 km/Stunde, ohne dafs jedoch die kaum noch nennenswerth erregte Katzbach hieran betheiligt war. Gleichzeitig flachte sich der Fluthgipfel so weit ab, dafs z. B. in Steinau der gleiche Höchststand (+ 4,56 m a. P.) am 5. August um 5 Uhr früh, 12 Uhr mittags und dann nochmals um 7 Uhr gefunden wurde. Die Einwirkung der Bartsch, deren langsam vorübergehender Höchststand annähernd mit demjenigen der Oder zusammentraf, konnte diese Abflachung der Welle nur fördern. Nun schreiten aber hohe und flache Wellen in der Oder überhaupt langsam fort, und so zeigt der Höchststand denn auch unterhalb der Einmündung der Bartsch auf der über 100 km langen Strecke von Reinberg bis Deutsch-Nettkow, hier wie dort etwa $^1/_2$ Tag anhaltend, nur eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 1,6 km/Stunde, während sich das Gesamtmittel für die Strecke zwischen Breslau und Deutsch-Nettkow, wenn man den frühesten Eintritt des Höchststandes zu Grunde legt, auf 1,80, wenn man dagegen bei längerem Anhalten desselben seinen mittleren Zeitpunkt als mafsgebend ansieht, auf 1,76 km/Stunde stellt.

Als am 9. August der Gipfel der Oderwelle die Mündung des Bober erreichte, konnte letzterer, da er nur noch etwa 1 m über dem Niedrigwasser vor der Ueberschwemmung stand, die Gefahr für die Oderniederung nicht mehr ernstlich vergröfsern. Nur die zeitliche Bewegung des Wellenscheitels könnte noch darauf hindeuten, dafs seine Einwirkung auf den Strom doch eine noch nicht ganz verschwindende war. Da der Bober nämlich noch ganz ausgesprochen im Absinken begriffen war, so mufste sich unterhalb seiner Einmündung der Scheitel der Hochwasserwelle schon in dem Augenblick herausbilden, wo die zuletzt sich ja nur noch ganz langsam verringernde Abflufsmenge der Oder (oberhalb des Bober) gerade noch in demselben Mafse wuchs, wie die des Bober abnahm. In der That genügte ein Zeitraum von einem vielleicht sogar nur knappen halben Tage dazu, um den Wellengipfel — wohl durch einen Sprung an der Bobermündung — die 40,2 km lange Strecke vom Pegel in Deutsch-Nettkow bis zu demjenigen bei Polenzig vorrücken zu lassen, an welch letzterem er (in der Höhe von + 3,45 m a. P.) vom 9. August 5 Uhr nachmittags bis zum folgenden Vormittage um 8 Uhr anhielt.

Da man wohl auch für den Scheitel der 8 Tage zuvor durch den Bober hervorgerufenen Fluthwelle in der Oder eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit zwischen $1^1/_2$ und 3 km/Stunde annehmen darf, so mufs er zwischen 4 und 8 Uhr am Nachmittag des 2. August zur Mündung der Neifse gelangt und der Scheitel des Neifse-Hochwassers ihm höchstens wenige Stunden später gefolgt sein. Wohl schwoll die Oder durch dies Zusammentreffen zweier der gewaltigsten Hochwasser, die Bober und Neifse jemals betrafen, nach den Beobachtungem am Pegel in Frankfurt etwa um $^3/_4$ m höher an, als es der Fall gewesen sein würde, wenn beispielsweise der Bober allein sein Hochwasser geführt und die Neifse Mittelwasser behalten hätte. Doch blieb der Wasserspiegel trotzdem auf + 4,08 m am Frankfurter Pegel stehen, während erst am 2. August 1891 ein um 9 cm höherer Wasserstand beobachtet wurde und die riesige Sommerhochfluth des Jahres 1854 sogar um $1^1/_4$ m höher stieg, als die diesmalige. Die Zeit, die der Höchststand gebrauchte, um von Crossen nach Frankfurt vorzurücken, war merkwürdiger Weise wieder genau die gleiche, wie 1854, nämlich gleich 35 Stunden, was 2,0 km/Stunde Geschwindigkeit ergiebt. Auf den Einzelstrecken wich letztere jedoch von diesem Durchschnittswerth (dessen Geringfügigkeit das Oderwerk für das Jahr 1854 auf Deichbrüche und Ueberschwemmungen zurückführt) ziemlich erheblich ab. Die Mittheilung genauer Zahlenwerthe hierfür wird jedoch dadurch unthunlich, dafs die Pegel doch nicht häufig genug beobachtet sind, als dafs der Zeitpunkt des Wellenscheitels mit derjenigen Sicherheit festzustellen wäre, wie sie für die Rechnung mit verhältnifsmäfsig so kleinen Weglängen gefordert werden mufs.

Die Fluthwelle, die acht Tage darauf aus dem Gebiete der oberen Oder kam und weit weniger als die erste durch die Ausfüllung des Ueberschwemmungsgebietes in ihrem Fortschreiten gehemmt wurde, durchlief die Strecke von Crossen bis Frankfurt etwa in 28 Stunden, also mit der mittleren Geschwindigkeit von 2,5 km/Stunde. Für die Einzelstrecken läfst sich leider eine einigermafsen zuverlässige Schätzung wieder nicht geben. Die kleineren Wellen, in welchen sich die vorübergehenden Schwankungen des Bober im Oderstrom fortsetzten, sind unterhalb der Einmündung der Neifse kaum noch festzustellen. Unter den beiden Hauptwellen der Oder blieb die erste, durch das Hochwasser des Bober gebildete, bis zur Mündung der Neifse niedriger als die später aus dem oberen Odergebiet folgende, während durch die Vereinigung des Bober- und Neifse-Hochwassers das Gröfsenverhältnifs zwischen beiden Wellen in das Gegentheil umschlug. So fand man folgende Scheitelhöhen (in Metern am Pegel): in Crossen + 3,44 und + 3,70, in Polenzig + 3,22 und + 3,45, in Schwetig dagegen + 3,85 und + 3,64, und ähnlich in Frankfurt + 4,08 und + 3,75. Der dazwischenliegende Tiefststand ging an den beiden ersten Pegelstellen (also oberhalb der Neifse) dem Gipfel der zweiten Welle um 4 Tage, an den beiden unteren Pegeln dagegen nur noch um 3 und 2 Tage voran; sein Abstand von dem niedrigeren der Scheitel war dabei ziemlich der gleiche, indem er von 0,31 m über 0,28 und 0,24 wieder auf 0,31 m zurückkehrte; die beiden Wellen blieben also deutlich von einander zu unterscheiden.

Durch das ebenfalls erst spät eintreffende Hochwasser der Warthe erhielt der zweite Scheitel von neuem das Uebergewicht. Die übrigen rechtsseitigen Nebenflüsse sind von der Olsa ab bisher übergangen worden, da ihr Hochwasser gröfstentheils ein ziemlich geringfügiges war. So betrug die Höhe der Anschwellung über das voraufgegangene Niedrigwasser in der Klodnitz

am Pegel in Lenartowitz überhaupt nur 0,42 m (auf + 1,72 m a. P., etwa 0,30 m über dem Mittelwasser von 1893/95), in der Malapane gar nur etwa 0,2 m (noch nicht einmal auf das Mittelwasser von 1891/95) und nur in der untersten, dem Rückstau aus der Oder ausgesetzten Flufsstrecke mehr als 1 m, endlich in der Weide am Pegel in Dammig wieder 0,3 m (auf + 0,98 m a. P.). Dagegen schwoll die Bartsch an der Stelle ihrer Vereinigung mit der Horle, also bei Herrnstadt, vom 29. Juli bis zum 5. August um 1,4 m, und wenn der dabei erreichte Pegelstand von + 1,54 m auch nur $^3/_4$ m über dem Mittelwasser und $1^1/_4$ m unter dem Mittel aller Jahreshöchststände von 1886/95 liegt, sodafs auch ihr Hochwasser ein recht mäfsiges blieb, so weist neben jener Anschwellungshöhe doch schon der gröfsere Umfang ihres Gebiets, sowie die bereits oben erwähnte gröfsere Regendichte in demselben darauf hin, dafs sie wesentlich gröfsere Wassermengen führte, als die vorher genannten Flüsse. Im Gebiete der Klodnitz betrug die viertägige Regenhöhe vom 27. bis zum 31. Juli (im einfachen Mittel aus allen Beobachtungsstellen) 53, im Gebiete der Malapane 46, in demjenigen der Weide schon 70, in dem der Bartsch aber 94 mm. Macht man nun, um die abgeführten Wassermengen wenigstens ganz roh mit einander vergleichen zu können, die allerdings sehr willkürliche Annahme, dafs während der etwa auf 4 mal 4 Tage zu veranschlagenden Gesamtdauer höheren Wasserstandes im ganzen ein Drittel des während jener erstgenannten vier Tage niedergegangenen Wassers zum Abflufs gelangte, so würde sich die mittlere secundliche Abflufsmenge dieses Zeitraumes für die Klodnitz, Malapane und Weide auf 14, 22 und 30, für die Bartsch dagegen auf 125 cbm stellen. (Nach den im Oderwerk mitgetheilten Schätzungen dürften diese Zahlen allerdings noch zu hoch sein und der höchsten Abflufsmenge näher kommen als der mittleren.) Die Bartsch führte nun ihre gröfste Wassermenge in ihrer Mündungsstrecke auch gerade zu der Zeit (ziemlich unverändert vom 4. bis zum 6. August), als der Scheitel der Oderwelle vorüberging, und so gelang es ihr, denselben um einen Betrag aufzuhöhen, den man bei der Vorhersage der Wasserstände nicht erwartet hatte. Diesem eigentlichen Oderhochwasser gesellte sich dann, wie schon erwähnt, auch dasjenige der Warthe zu. Bis zur Einmündung der Netze ging die Anschwellung derselben mit merkwürdiger Gleichmäfsigkeit von statten, indem sie im Vergleich zu dem vorangehenden Niedrigwasser an allen Pegelstellen fast genau $^3/_4$ m betrug; nur Obersitzko unterbricht diese Regelmäfsigkeit mit 0,87 m, und bei Landsberg vermindert sich die Fluthgröfse auf 0,64 m. Der Wasserspiegel blieb dabei auf dieser ganzen Strecke zwischen dem langjährigen mittleren Niedrigwasser und Mittelwasser, und zwar 0,2 bis 0,4 m unter letzterem. Dafs der Höchststand bei Pogorzelice am 6. August, bei den folgenden Pegelstellen einige Tage später, bei Landsberg aber ebenfalls bereits am 6. August gefunden wurde und hier dann bis mindestens zum 10. fortdauerte, weist auf ein allmähliches Zusammenströmen des Wassers von allen Seiten und eine dadurch bedingte gewisse natürliche Regelung des Abflufsvorganges hin. Infolge Rückstaues aus der Oder erhob sich bei Fichtwerder der Höchststand bereits einige Centimeter über das Mittelwasser; am Pegel in Schnellewarthe war dies sogar um 0,66 m der Fall, sodafs die Gröfse der Anschwellung hier auf 1,27 m wuchs; für Herrenwerder vergröfserte sich dieser Werth auf etwa 2 m, und am Pegel in Cüstrin endlich blieb der Wasserspiegel mit + 2,43 m bei einer Gesamtanschwellung um angenähert denselben Betrag nur 8 cm unter dem mittleren Hochwasser von 1819/93, was ja unmittelbar vor der Mündung in die Oder auch nicht wunder nehmen kann. Wie die Oder, so hatte auch die Warthe in ihrer untersten Strecke, bis Schnellewarthe zurückverfolgbar, zwei Höchststände; der erste folgte dem entsprechenden der Oder etwa um 2 Tage nach, während der zweite, wie der dazwischenliegende, freilich nur durch eine Senkung um noch nicht 1 dcm angedeutete Tiefststand annähernd gleichzeitig mit dem des Stromes eintrat.

Am Pegel in Frankfurt lag der Scheitel der Bober-Neifse-Fluthwelle 0,33 m über demjenigen der auf sie folgenden Oder-Welle, während sich das dazwischenliegende Wellenthal um 0,31 m unter den zweiten Scheitel senkte. Am Pegel in Cüstrin, der nur zum Theil unter der Einwirkung der Warthe steht, hatte sich der Abstand der beiden Scheitel auf 0,07 m verringert, wobei aber der erste noch der höhere blieb. Das Wellenthal aber war bereits soweit ausgefüllt, dafs sich die zweite Anschwellung nur noch um 0,21 m über dasselbe erhob. Unterhalb der Warthemündung aber wurde der zweite Scheitel der höhere, indem er an den folgenden Pegelstellen den ersten um 7 bis 17, das Wellenthal aber um 15 bis 25 cm überragte. Der zeitliche Abstand zwischen beiden Scheiteln verkürzte sich beim Vorübergang an der Warthemündung von 7 bis $7^1/_2$ auf $5^1/_2$ bis 6 Tage, und gleichzeitig füllte sich das Wellenthal zwischen ihnen immer mehr aus, sodafs es am Oberpegel in Hohensaathen nur noch in einer Senkung des Wasserstandes um 6 cm unter den ersten Wellengipfel zum Ausdruck kam; am dortigen Unterpegel vorübergehend ganz verschwunden, trat es erst an den folgenden Pegelstellen im Betrage von einigen Centimetern nochmals zu Tage, bis es schliefslich wiederum verschwand, und so verliefs das Hochwasser das brandenburgische Gebiet schliefslich in folgender Form:

Am Mittag des 1. August lag der Wasserspiegel bei + 1,70 m a. P. in Schwedt und damit fast genau in der Höhe des Mittelwassers seit 1811. In den nächsten 5 Tagen stieg er zunächst um 1,11 m und dann, langsamer, in noch nicht ganz dreimal 24 Stunden noch um 0,28 m, sodafs er am Morgen des 9. August bei + 3,09 m a. P., fast genau in der Höhe des mittleren Hochwassers des Zeitraumes seit 1811 gefunden wurde. Nur ein einziger, scheinbar zufälliger und schon wenige Kilometer weiter unterhalb nur noch in einer längeren Beharrung des Wasserspiegels wiederzuerkennender Abfall des Wassers um 2 cm in mehr als 24 Stunden deutet noch darauf hin, dafs hiermit der Scheitel desjenigen Hochwassers vorübergegangen war, das in Bober und Neifse einen so stürmischen Ursprung gefunden hatte. Nochmals stieg dann das Wasser, aber diesmal in 4 Tagen nur um 14 cm. Nachdem es auf dem damit erreichten Höchststande (+ 3,21 m a. P.) $1^1/_2$ Tage lang verharrt hatte, begann es langsam, ganz langsam zu fallen, und noch am Ende des Monats stand es um 0,46 m höher, als zu Beginn desselben. Ueber die Stromufer fluthete das Wasser nach den Beobachtungen in Cüstrin $^1/_2$ Monat lang hinweg.

Selbständig behauptete sich also bis in die unterste Stromstrecke hinab einzig und allein der Scheitel derjenigen Fluthwelle, die, scharf ausgeprägt, in der Nacht zum 30. Juli aus der Olsa in die Oder gelangte. Das eigentliche Hochwasser der übrigen Gebirgsflüsse war dieser Fluthwelle überall längst vorangegangen; gleichwohl empfing sie aus denselben, namentlich aus

dem Bober und der Glatzer, wie der Lausitzer Neifse, einen nicht unbeträchtlichen Bruchtheil der in ihr enthaltenen Wassermenge; denn von ihrer gewöhnlichen harmlos-stillen Wasserführung waren diese Flüsse beim Eintreffen jener Welle noch weit entfernt. Unter den rechtsseitigen, trägeren Nebenflüssen aber liefsen namentlich die Bartsch und die Warthe ihr zwar mäfsiges, aber dafür sich um so langsamer erschöpfendes Hochwasser gerade auf diese Fluthwelle treffen, und dieser Umstand trug wesentlich dazu bei, ihr das Uebergewicht über die vorangehende Anschwellung zu geben und deren Scheitel zuletzt sogar ganz auszulöschen.

Am Pegel in Olsau wurde der Scheitel jener einen Welle, welche die ganze preufsische Stromstrecke durchschritt, am 30. Juli um 5 Uhr früh, am Pegel in Nipperwiese zuerst 15 Tage 7 Stunden später: am Mittag des 14. August, zuletzt am Nachmittag des nächsten Tages um 4 Uhr wahrgenommen. Die Zwischenstrecke ist 670,9 km lang; die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Wellenscheitels ergiebt sich hiernach, je nachdem man denselben für Nipperwiese der ersten Stunde seines Eintritts oder dem mittleren Zeitpunkt seines Vorübergangs zuschreibt, zu 1,83 oder 1,76 km/Stunde, wobei jedoch wiederum zu beachten ist, dafs er an der Mündung der gröfseren Nebenflüsse Unstetigkeiten erfahren haben kann und sehr wahrscheinlich auch wirklich mehrfach erfuhr.

Mit Genugthuung darf, trotz einiger unvermeidlichen Unvollkommenheiten, der von der Oderstrombauverwaltung ausgegebenen (in der Schlesischen Zeitung veröffentlichten) Vorhersagungen des Wasserstandes gedacht werden. Die erste derselben erfolgte am Nachmittag des 31. Juli nach Eingang der Meldungen aus Ratibor und den oberhalb gelegenen Pegeln und erstreckte sich bis zur Einmündung des Bober, im ganzen auf 16 Pegelstellen. Der voraussichtliche Wasserstand wurde im allgemeinen in Zehnteln des Meters mitgetheilt, theilweise aber auch auf Viertelmeter, also die Mitte zwischen zwei Zehnteln, abgerundet. Bis Breslau traf die Vorhersage nun fast überall genau den wirklichen Höchststand; so blieb an den Pegeln in Oppeln, Brieg, Ohlau, Kottwitz und Treschen die Abweichung zwischen beiden ihrem absoluten Betrage nach unter 0,05 m, also unter der von vornherein ins Auge gefafsten Genauigkeitsgrenze. Nur für Koppen war der Scheitel um 0,11 m und für den Unterpegel in Breslau, bei dem man nicht mit der stetig fortschreitenden Senkung aller Wasserstände hatte rechnen können, um volle 0,30 m zu hoch angesagt worden. In der folgenden Stromstrecke blieb das Hochwasser um 0,10 bis 0,20 m unter dem angekündigten Höchststand; man hatte die am 31. Juli aber auch noch kaum zu ermessende Einwirkung der Lohe und Weistritz überschätzt, was aber gewifs wünschenswerther ist, als das Gegentheil. Auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Fluthwelle war ein klein wenig zu hoch angenommen worden. Der Fluthhöhe nach traf dagegen die Vorhersage an den Pegelstellen in Neusalz, Tschicherzig und Crossen innerhalb der ihr anhaftenden engen Genauigkeitsgrenze wieder vollkommen zu.

Der Fluthwelle, die Bober und Neifse im Hauptstrom hervorriefen, und welche, wie oben erwähnt wurde, bis zur Warthemündung hin bedeutender war als die auf sie folgende Oderwelle, wurde von der Oderstrombauverwaltung keine Vorhersage vorangeschickt. Eine solche wäre aber wohl auch schlechthin unmöglich gewesen, da jene beiden Flüsse ein Hochwasser hatten, wie es bisher auch noch nicht annähernd in den Kreis zahlenmäfsig zu verarbeitender Erfahrungen gezogen werden konnte.[14]) Unter diesem Umstande litt auch eine zweite Vorhersage etwas, die am Vormittage des 5. August für den ganzen Stromlauf bis hinunter nach Schwedt erfolgte, als der Scheitel der Oderwelle die Mündung der Katzbach überschritten und nun eine lange Stromstrecke ohne nennenswerthe linksseitige Zuflüsse vor sich hatte. Als eine weitere Schwierigkeit kam dabei noch hinzu, dafs gerade von den Pegelstellen an den wichtigsten Nebenflüssen die Wasserstandsmeldungen unvollständig und ungenau eingingen, weil die Pegel theils von den Fluthen ganz weggerissen, theils auch bei weitem nicht lang genug waren und ihre Ablesung aufserdem manche Gefahren bot. So kann es nicht überraschen, dafs z. B. namentlich die Zufuhr aus der Lausitzer Neifse zu hoch in Anschlag gebracht und die voraussichtliche Höhe des Wellenscheitels von ihrer Einmündung bis nach Neu-Glietzen hin um etwa $^1/_4$ m überschätzt wurde. An letzterer Pegelstelle selbst wuchs der Fehler infolge einer allmählich vor sich gegangenen örtlichen Vergröfserung des engpafsartigen Durchflufsquerschnittes auf 0,47 m. Anderseits hatte man bei der Bartsch, wie schon erwähnt wurde, mit einer zu geringen Wasserführung gerechnet, wodurch diese zweite Vorhersage für die Strecke bis zum Bober durchschnittlich um 0,18 m zu niedrig und somit weniger gut ausfiel, als die erste, welche durch sie verbessert werden sollte. Bei der Bartsch liegt vielleicht einer der nicht häufigen Fälle vor, wo eine Berücksichtigung der Niederschlagsverhältnisse, von der sich allerdings kaum sagen läfst, wie sie gehandhabt werden soll, für die Vorhersage hätte von Nutzen sein können. Für die untersten Pegelstellen, in Pätzig und Schwedt, war die Uebereinstimmung übrigens wieder eine vollkommen befriedigende; nur verzögerte sich der Eintritt des Wellenscheitels etwa um einen Tag. Bei der ungemein flachen Wölbung der Fluthwelle in der untersten Stromstrecke kann dies aber für die Bedeutung der Vorhersage nicht im geringsten ins Gewicht fallen, und ebenso wenig kann ein Zweifel bleiben, dafs man auf Grund der einander entsprechenden Wasserstände zu einer um so fehlerfreieren Wasserstandsvorhersage gelangen wird, je mehr sich der Kreis der dabei verfügbaren Erfahrungen erweitert.

Ueber die Abflufsmengen, welche sich bei dem Hochwasser entwickelten, fehlt es leider so gut wie ganz an sicheren Erhebungen. Schätzungen derselben aus der Niederschlagshöhe sind auch ohne weitgehende Willkürlichkeiten nicht möglich. Deshalb ist es sehr willkommen zu heifsen, dafs z. B. einige Anlieger der Gewässer des oberen Bobergebietes eine wenigstens ungefähre Bestimmung der an ihren Grundstücken vorübergeführten Wassermengen versucht haben. So ist es Sattig in Hirschberg gelungen, durch örtliche Umfrage eine Reihe werthvoller Angaben über das Hochwasser in jenem Gebiet zu sammeln, die auch für die vorliegende Arbeit in dankenswerthester Weise zur Verfügung gestellt und oben bereits mehrfach benutzt wurden. Aufserdem findet sich in den Anlagen zu Intzes „Bericht über die Wasserverhältnisse der Gebirgsflüsse Schlesiens“ eine z. Th. auf jene Erhebungen gestützte Darstellung auch der Abflufsmengen beim vorjährigen Hochwasser.

---

14) Doch bestätigte sich auch diesmal die vom Baurath Orban in Cüstrin mehrfach zu einer Vorhersage des Wasserstandes benutzte Regel, dafs der Wasserwuchs bei Cüstrin je nach dem dortigen Anfangswasserstand zwischen 10 und 45% der Summe desjenigen bei Christianstadt und Guben beträgt (Oderwerk III, 2, S. 614).

Dem obersten Laufe des Bober hat man bei Buchwald unter Annahme einer Strömungsgeschwindigkeit von 10 m eine höchste Wasserführung von 300 cbm/Secunde zugeschrieben. Es ist aber wohl richtiger, die fragliche Geschwindigkeit, wie dies auch von Intze und Sattig geschieht, nur halb so hoch anzunehmen, sodafs sich nur 150 cbm/Secunde ergeben. Die Eglitz soll bei Schmiedeberg bis gegen 200 cbm/Secunde geführt haben; die Strömungsgeschwindigkeit ist dabei nach gröfseren Gegenständen geschätzt, die als unfreiwillige „Oberflächen-Schwimmer" im Wasser trieben. Für die Lomnitz widersprechen die Angaben einander derartig, dafs schwer einer unter ihnen der Vorzug zu geben ist. Der Grofse Zacken soll in Petersdorf oberhalb seiner Vereinigung mit dem Kleinen Zacken bei Beginn des Schadenhochwassers von 130, bei der höchsten Entwicklung desselben von 180 cbm/Secunde durchströmt worden sein, während sich diese Zahlen unterhalb der Vereinigung beider Gewässer auf 150 bis 300 cbm/Secunde erhöhen. Hierzu kommt das Heidewasser nebst seinen vielen Nebengewässern noch mit 150 bis 300 cbm/Secunde hinzu, ohne dafs jedoch für alle diese Zahlen eine Gewähr übernommen werden kann. Unter den Schätzungen für den weiteren Lauf des Bober hält Sattig eine Bestimmung bei Weltende (einige km unterhalb Hirschberg) für besonders zuverlässig, wonach die Gefahr bei etwa 1000 cbm/Secunde begann, während die Höchstmenge gegen 1800 cbm/Secunde betrug. Allerdings ist hierbei vorausgesetzt, dafs die Strömungsgeschwindigkeit in dem dortigen Engthal auf 8 m/Secunde wuchs; das ist aber doch wohl ein wenig hoch gegriffen, und so findet Intze eine Höchstmenge von 1750 cbm/Secunde erst bei Mauer, also unterhalb des Kemnitzbaches, der auch seine 100 bis 200 cbm/Secunde gebracht haben dürfte. Dem Queis schreibt Intze bei Marklissa eine höchste Wasserführung von 600 cbm/Secunde zu. Endlich werden noch von E. Schubert im laufenden Jahrgange des Centralblattes der Bauverwaltung folgende auf Grund örtlicher Aufnahmen mittels bekannter Formeln berechneten Abflufsmengen bei höchstem Wasserstande mitgetheilt: Für den Bober an der Eisenbahnbrücke der Strecke Sagan-Liegnitz gegen 1900, für den Queis an der Eisenbahnbrücke der gleichen Strecke, also unmittelbar vor seiner Mündung, gegen 1200 und endlich für die Lausitzer Neifse bei Muskau etwas über 2000 cbm/Secunde.

Diese Zahlen stehen nun in einer recht bemerkenswerthen Beziehung zu den Niederschlagsmengen. Bezeichnet nämlich F den Flächeninhalt des betreffenden Gebietes, r die mittlere 24stündige Regenhöhe in demselben vom 29. zum 30. Juli, R die hiernach auf das betrachtete Gebiet gefallene Wassermenge, ferner ϱ denjenigen Bruchtheil von R, der im Mittel auf die Secunde kommt, haben endlich r', R', ϱ' die entsprechende Bedeutung für den viertägigen Zeitraum vom 27. zum 31., sodafs r' die mittlere Gesamthöhe des viertägigen Regenfalles darstellt u. s. f., so gelten für diese Gröfsen die in der folgenden Uebersicht zusammengestellten Werthe, die jedoch entsprechend abgerundet sind, um nicht den Anschein einer in Wahrheit doch nicht zu erreichenden Genauigkeit zu erwecken:

Für das Untergebiet 1) des Bober bis zur Lomnitz ohne diese, 2) der Lomnitz mit Eglitz, 3) des Bober zwischen Lomnitz und Zacken, 4) des Zacken, 5) des Bober zwischen Zacken und Kemnitzbach, 6) des Kemnitzbaches, 7) des Bober zwischen Kemnitzbach und Zippelbach, 8) des Zippelbaches, 9) des Bober von dort bis zum Kleinen Bober einschliefslich, 10) von dort bis zur Brücke oberhalb Hammerwerk, also bis zur Eisenbahnlinie Sagan-Liegnitz, ferner 11) des Queis bis einschliefslich zum Hartmannsdorfer Wasser, 12) von dort bis unterhalb Lorenzdorf, und 13) weiter bis zur Mündung des Queis:

	F (qkm)	r (mm)	R (Millionen cbm)	ϱ (cbm)	r' (mm)	R' (Millionen cbm)	ϱ' (cbm)
1) Bober	575,2	85	49	570	131	75	220
2) Lomnitz . .	117,1	168	20	230	253	30	90
3) Bober	76,9	*100* [15]	*8*	*90*	*150*	*12*	*35*
4) Zacken . . .	272,3	116	32	370	179	49	140
5) Bober	38,5	*100*	*4*	*45*	*150*	*6*	*15*
6) Kemnitzbach	114,6	110	13	150	177	20	60
7) Bober	40,2	*100*	*4*	*45*	*150*	*6*	*15*
8) Zippelbach .	45,5	144	6 [16]	80	175	8	20 [16]
9) Bober	617,2	80	49	570	120	74	210
10) „	159,3	80	13	150	105	17	50
11) Queis	362,6	117	42	500	170	62	180
12) „	499,5	85	42	500	128	64	185
13) „	144,1	82	12	140	115	17	50
Bober 1) bis 10)	2056,8	—	198	2300	—	297	860
Queis 11) bis 13)	1006,2	—	96	1100	—	143	410
Zus. 1) bis 13)	3063,0	—	294	3400	—	440	1270

Die höchsten secundlichen Abflufsmengen, welche oben für Bober und Queis an der Ueberschneidung durch die Eisenbahnstrecke Sagan-Liegnitz gefunden wurden, liegen also ganz auffällig nahe bei den mittleren secundlichen Niederschlagsmengen im Betrage von 2300 und 1100 cbm, welche die bis zu jener Grenze gerechneten Einzugsgebiete des Bober und des Queis vom Morgen des 29. bis zum Morgen des 30. empfingen. Für den Bober stellt sich die höchste Abflufsmenge nur etwa um $^1/_6$ niedriger, für den Queis um $^1/_{11}$ höher, als das secundliche Niederschlagsmittel. Dieser kleine Gegensatz zwischen beiden Gewässern ist wohl kein blofser Zufall; denn obschon die mittlere Regendichte in dem genannten Gebiete des Bober noch etwas gröfser war, als in demjenigen des Queis, für die Secunde nämlich beim Bober gleich 1,12, beim Queis aber nur gleich 1,04 cbm/qkm, und obschon auch die ganz ungewöhnlich hohen Tagesmengen fast ausschliefslich auf das obere Bobergebiet beschränkt blieben, zeigte doch das Hochwasser des Queis ein fast noch gröfseres Ungestüm als dasjenige des Bober, und hiermit steht es durchaus im Einklang, dafs die gröfste secundliche Abflufsmenge beim Queis einen noch etwas gröfseren Bruchtheil der leider nicht näher zu bestimmenden höchsten secundlichen Niederschlagsmenge ausmachte, als es beim Bober der Fall war. Zum Theil spricht hierbei gewifs auch die gröfsere Lauflänge des letzteren mit. Denn wenn man sein Gebiet weiter flufsaufwärts begrenzt, so beginnt auch bei ihm die Höchstmenge des secundlichen Abflusses über das secundliche Regenmittel zu überwiegen. Wählt man z. B. Mauer als Grenzpunkt, so hat man zu der Summe der oben unter 1) bis 6) genannten Theilgebiete noch eine Fläche von ungefähr 20 qkm mit einer Regenergiebigkeit von etwa 2 Millionen cbm in 24 Stunden oder 25 cbm/Secunde hinzuzufügen; die gesamte Regenmenge ergiebt sich danach zu 128 Millionen cbm für den Tag oder im Mittel zu 1480 cbm/Secunde, also um 270 cbm/Secunde geringer als die oben angeführte wahrscheinliche höchste secundliche Abflufsmenge. Verhältnifsmäfsig noch höher wird das Uebergewicht der letzteren, wenn man das Gebiet eines Gebirgsbaches, wie etwa das des Zacken, herausgreift; einem mittleren Regenfall

15) Die schräggesetzten, für das Ganze nicht sonderlich bedeutenden Zahlen sind unsicher, doch wohl eher zu klein, als zu hoch.

16) Genauer über $6^1/_2$ und ϱ' näher an 25; aber r und r' sind wohl etwas höher, als es bei mehr Beobachtungspunkten der Fall sein würde.

von 350 cbm/Secunde steht hier, wie aus den obigen Angaben für den Bach bei Petersdorf und für das Heidewasser hervorgeht, eine höchste Abflufsmenge zwischen 450 und 600 cbm/Secunde gegenüber. Diese Zahlen weisen aber nun auf eine andere Beziehung. Bei Kirche Wang fielen nämlich $^6/_{11}$ der gesamten Tagesmenge vom 29./30. in den 9 Stunden von 10 Uhr abends bis 7 Uhr früh. Man wird ohne allzugrofse Kühnheit annehmen dürfen, dafs für das Gebiet des Zacken das Verhältnifs nicht wesentlich anders war; dies ergiebt aber für jene 9 Nachtstunden einen mittleren Regenfall von 540 cbm/Secunde über der Gebietsfläche, und dieser Werth fügt sich gut in die für die höchste Abflufsmenge angegebenen Grenzen ein. Mit noch gröfserem Rechte wird man für das Gebiet der Lomnitz, welchem ja Kirche Wang angehört, $^6/_{11}$ der ganzen Tagesmenge vom 29./30. jenen 9 Nachtstunden zuschreiben dürfen; die mittlere Niederschlagsmenge während derselben ergiebt sich alsdann zu 340 cbm/Secunde, und dieser Werth vermag vielleicht wenigstens einen Anhaltspunkt für die Schätzung der höchsten Wasserführung des Baches unterhalb seiner Vereinigung mit der Eglitz zu bieten.

Auf die gewaltigen, oben unter R und R' zusammengestellten Gesamtwerthe der Wassermengen, die während der Hochwassertage über den Gebieten des Bober und des Queis zur Ausscheidung gelangten, braucht wohl nicht noch besonders hingewiesen zu werden. Da der gröfstentheils zur Sprotte entwässernde untere Flachlandstheil des Gebietes von etwa 1000 qkm an jener Stelle noch nicht berücksichtigt ist, so stellt sich der Gesamtregenfall über dem Bobergebiet für die 24 Stunden des 29./30. Juli auf rund 350 und für die vier Tage vom 27. zum 31. Juli auf 550 Millionen cbm.

Wollte man aber nun versuchen, die oben für das Gebiet des Bober durchgeführte Schlufsweise etwa auch auf die Katzbach und die Glatzer Neifse zu übertragen, so würde man auf zweifellos weitaus zu hohe Werthe kommen.

Im Oderwerk wird (I, S. 5) erwähnt, dafs die Wasserscheide zwischen Oder und Elbe in der Gegend zwischen Priebus und Muskau und namentlich in der Gegend von Forst aufserordentlich niedrig verläuft und das Hochwasser der Neifse schon mehrfach mit der westwärts zur Spree abbiegenden Malxe in Verbindung getreten sein soll. Auch diesmal nahm ein Theil des Wassers, das die Dämme der Neifse durchbrochen hatte, von der Umgegend der Stadt Forst aus seinen Weg ins Elbegebiet, wo es die Niederungen ebenfalls weithin überfluthet fand.

Ueber das Hochwasser der Elbe und ihrer Nebenflüsse in Böhmen wird das k. k. österreichische Centralbureau berichten. Dafs auf der böhmischen Seite der Sudeten ein nicht minder gewaltiger Regen niederstürzte, ja an einer Beobachtungsstelle die Tagesmenge vom 29./30. Juli noch weit höher stieg, als auf preufsischer Seite, wurde oben bereits erwähnt. Demgemäfs hatte denn auch die Hochwasserwelle der Elbe beim Betreten des reichsdeutschen Gebietes eine Höhe von $6^1/_3$ m. Der ihr vorangehende Tiefststand lag mit — 1,36 m a. P. in Schandau etwa in der Mitte zwischen dem Mittelwasser und dem mittleren Niedrigwasser der langjährigen Jahresreihe.[17]) Vom Frühabend des 29. stieg dann das Wasser bis zum Abend des 30. Juli um nahezu 2, in den nächsten 24 Stunden — durch ein nochmaliges Zurücksinken um etwa $^1/_4$ m unterbrochen — um etwas über $1^1/_2$ m, hierauf in wieder 24 Stunden ziemlich gleichmäfsig etwas über 2 m, worauf es erst am Morgen des 2. August in der Anstiegsgeschwindigkeit etwas nachliefs und schliefslich von 6 Uhr nachmittags ab einige Stunden hindurch auf dem Höchststande: + 5,01 m a. P. verblieb. Die Senkung des Wasserspiegels vollzog sich auch hier wesentlich langsamer: noch am 10. August befand er sich mit 0,9 bis 0,8 m um etwa 1,2 m über dem langjährigen Mittelhochwasser des Monats. Im ganzen hatte er etwa $2^1/_2$ Tag über der Grenze: + 4,00 m a. P. gelegen, welche in den 20 Jahren 1874/93 nur an 44 Tagen überschritten wurde. Wie in der Oder, so waren jedoch auch in der Elbe einige frühere Hochwasser ganz ungleich gewaltiger. Erst noch im September 1890 befand sich das Wasser um mehr als $2^1/_2$ m über dem diesmaligen Höchststand (bei + 7,58 m a. P.), und das Frühjahrshochwasser des Jahres 1845 ging gar bis auf + 8,83 m a. P.

Der starke Regenfall erstreckte sich bekanntlich auch auf das Königreich Sachsen. Die gesamte Niederschlagsmenge, die dasselbe vom Morgen des 29. bis zum Morgen des 31. empfing, wurde seinerzeit in einem vorläufigen Ueberschlag auf 1500 Mill. Cubikmeter, damit aber wohl eher unter-, als überschätzt. Die hier hauptsächlich in Betracht kommenden Einzugsgebiete der Mulde, sowie das der Elbe im engeren Sinne wurden ziemlich in gleicher Stärke von dem Regen getroffen, der theils vom 29. zum 30., theils erst vom 30. zum 31. am heftigsten war. Die dreitägige Summe vom 28. bis zum 31. früh überstieg auch in mittleren Seehöhen fast durchweg 100 mm, während im Gebirge vereinzelt sogar die doppelten Mengen vorkamen.

Gegenüber der Wassermenge, welche die Elbe bereits führte, fällt nun freilich selbst die den obigen Zahlen entsprechende erhebliche Wasserzufuhr aus sächsischem Gebiet nicht gar zu schwer ins Gewicht. So erfuhr die Hochwasserwelle denn auch in der Hauptsache nur diejenigen üblichen Aenderungen ihrer Form, welche den örtlichen Querschnittsverhältnissen entsprechen. Selbst das unbedeutende Wellenthal, das der Hauptwelle voranging, ist beim Austritt aus dem Königreich wiederzufinden. Anderseits ist es aber doch vielleicht dem neu hinzutretenden Wasser mit zuzuschreiben, dafs sich der Wellenscheitel mehr und mehr abflachte. Gleichzeitig verlor die Fluthwelle dabei vielleicht etwas an Geschwindigkeit. Wenigstens braucht bei mittlerem Wasserstande (und steigendem Strom) die Wasserwelle durchschnittlich nur $11^1/_2$ Stunde, um die 105 km lange Strecke von Schandau bis nach Strehla zu durchlaufen, während diesmal 19 Stunden dazu erforderlich waren, sodafs die hieraus folgende Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 5,5 km/Stunde einigermafsen an die Weichselwelle erinnert. Sie würde jedoch etwas kleiner ausfallen, wenn man nicht den frühesten Eintritt des Wellenscheitels, sondern die Mittelzeit seiner Dauer der Rechnung zu Grunde legte. Bemerkt sei noch, dafs die „Fluthgröfse" (bezogen auf den voraufgehenden Niedrigstand vom 29. Juli) in Pirna 5,80, in Dresden 5,49 und in Strehla 5,55 m betrug, während die dortigen Höchststände + 4,58, + 4,14 und + 4,53 m a. P. waren.

Weitaus die gröfste Einwirkung auf den Hauptstrom übte unter allen seinen reichsdeutschen Nebenflüssen die Mulde aus. Seit dem Jahre 1824 war am Pegel zu Düben niemals ein eisfreier Wasserstand über + 4,84 m festzustellen, welch letzterer bei dem gewaltigen Hochwasser von 1854 eintrat, und

17) Diese und die unten folgenden vergleichenden Angaben sind dem Manuscript zu dem Werke über den Elbstrom entnommen, dessen Herausgabe seitens der Elbstrombauverwaltung vorbereitet wird.

auch der Höchststand, der von einer Eisstopfung aus dem Jahre 1815 her bekannt ist, betrug nur + 4,95 m. a. P. Diesmal wurde das Wasser dagegen am 1. August um 4 Uhr vormittags bei + 5,11 m a. P. gefunden. Die Fluthgröfse betrug dabei 4,49 m; denn am Mittag des 29. stand das Wasser auf 0,62 m a. P. Die letzten 3,25 m stieg es in 16 Stunden! Am Pegel in Bitterfeld ist die bisher bekannte Gesamtschwankung des Wasserstandes bei einer ungefähr gleich langen Beobachtungsreihe etwa im Verhältnifs 3 : 5 kleiner als an der Pegelstelle bei Düben, und so ermäfsigte sich die Fluthgröfse hier auf 2,42 m. Die ganz ungewöhnlich hohe Lage des Wasserspiegels tritt dafür nur um so krasser hervor: dem zuvor bekannt gewesenen eisfreien Höchststande von + 2,36 m a. P. steht ein diesmaliger von + 3,02 m gegenüber. Zur Beurtheilung der Wassermengen, welche der Flufs führte, möge die Mittheilung einen Anhalt geben, dafs man schon für die Wasserstände von + 3,06 bis + 3,42 m a. P. zu Düben eine von 418 auf 524 cbm/Secunde steigende Abflufsmenge ermittelt hat. Als drei bis vier Tage später der Scheitel der Elbe-Hochwasserwelle zur Mündung der Mulde gelangte, war das Wasser in letzterer bereits stark gesunken und fiel noch immer im Laufe eines Tages etwa um $^1/_2$ m.

Die 94 km lange Stromstrecke von der Landesgrenze bis Wittenberg hatte der Fluthscheitel in 27 Stunden, also nur noch mit 3,5 km/Stunde mittlerer Geschwindigkeit durchlaufen. Um über die Mündung der Mulde hinweg den 60,7 km entfernten Pegel zu Aken zu erreichen, brauchte er dann 26 Stunden, was nur noch eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 2,3 km-Stunde ergiebt, welche die Fluthwelle auch auf der Strecke Aken-Tangermünde (103,4 km in 45 Stunden) beibehielt. Hierauf dauerte es zwei Tage, ehe der Wellenscheitel über die ein breites Ueberschwemmungsgebiet bildende Havelniederung hinweg bis nach Wittenberge gelangte. In der untersten Stromstrecke endlich ergiebt sich eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit zwischen Lenzen und Hoopte, wo der Wellenscheitel am Abend des 14. August vorüberging, zu 1,1 km/Stunde, während sich das Gesamtmittel für die Stromstrecke von der Landesgrenze bis Hoopte auf 1,8 km/Stunde stellt.

Unter den Nebengewässern der Elbe waren sonst namentlich noch die Flüsse der Lausitz: die Schwarze Elster und die Spree an dem Hochwasser betheiligt. Jene schwoll etwa bis zur mittleren Höhe ihrer üblichen Frühjahrshochfluthen an, während das Hochwasser der Spree ungleich bedeutender war und den Niederungen am Flusse schwere Schäden zufügte. In Spremberg stieg das Wasser bis auf + 4,15 m am Unterpegel (in den letzten 24 Stunden um fast 2 m) und überschritt damit den zuvor bekannten Höchststand, der im Februar 1852 mit + 3,52 m beobachtet wurde, um 6 dcm.

In Cottbus blieb dagegen der Wellenscheitel (mit + 3,18 m am Unterpegel) fast ebenso viel unter dem bekannten Höchststand und desgleichen in Lübben (mit + 2,46 m). In Spremberg wurde der Höchststand am 1., in Cottbus am 2. August beobachtet, während er durch den Spreewald hindurch nach Lübben erst am 12. hinabgelangte. Schon hieraus geht hervor, dafs die grofse Wassermenge, die sich in der Spreeniederung sammelte, infolge ihrer breiten Vertheilung und ihres so langsamen Abflusses auf den Hauptstrom nur insofern einwirken konnte, als sie den Wiedereintritt des der Jahreszeit entsprechenden Niedrigwassers verzögern half.

Die Verheerungen, welche das Hochwasser anrichtete, waren der dem Landtage im Februar d. Js. unterbreiteten Darstellung zufolge ganz aufserordentlich zahl- und umfangreich. Und es blieb nicht bei nur materiellen Verlusten. Allein in der Provinz Schlesien endeten 28 Menschenleben in den Fluthen. Die sachlichen Schäden waren wohl im Kreise Hirschberg am mannigfaltigsten, der deshalb als Beispiel dienen möge. In ihm wurden 23 Wohnhäuser und 59 Wirthschaftsgebäude zerstört, 118 Wohnhäuser und 140 Wirthschaftsgebäude aber erheblich beschädigt, an Aeckern 25 ha, an Wiesen 33 ha, an Gartenländereien 26 ha fortgeschwemmt und gegen 140 ha Acker, 200 ha Wiesen und 65 ha Gartenländereien versandet, ferner 138 öffentliche und 120 private Brücken, sowie 20 Wehre eingerissen und mehr als 100 Brücken und 13 Wehre gröfstentheils erheblich beschädigt. Daneben entstanden auch an den Uferbefestigungen Schäden von aufserordentlicher Höhe, und alle Bäche wurden auf weite Strecken mit Steinen und Geröll verfüllt, während die übrigen Strecken meist versandeten. Von der Privatbahn Zillerthal-Krummhübel wurde bei Arnsdorf der Bahndamm auf etwa 20 m weggerissen, die Strecke Birkicht-Querseiffen aber ganz zum Verschwinden gebracht, und auch auf der Staatsbahnstrecke Hirschberg-Schmiedeberg war der Bahnkörper bei letzterem Ort etwa 20 m aufgerissen. Endlich wurden 16 850 m an öffentlichen und 6440 m an privaten Wegen zerstört und noch etwa dreimal soviel erheblich beschädigt.

Im allgemeinen wurde überhaupt in den engen Gebirgsthälern von den Wasserläufen alles fortgerissen, was sich ihnen in den Weg stellte, während die Niederungen vor allem zahlreiche Damm- und Deichbrüche zu beklagen hatten, infolge deren weite, zum gröfsten Theil noch nicht abgeerntete Acker- und Wiesenflächen verschlemmten und versandeten. Ein Beispiel besonderer Wildheit bietet, wie schon mehrfach erwähnt wurde, neben den Quellbächen des Bober der Queis, der sich im Kreise Lauban an drei Stellen einen ganz neuen Lauf schuf und dadurch die grofse massive Brücke zwischen Eckersdorf und Rengersdorf völlig trocken legte. Recht schwer hatte vor allem Marklissa zu leiden, wo sich das bei Hochwasser ebenfalls äufserst stürmische Hartmannsdorfer Wasser in den Queis ergiefst und eine grofse Zahl von Gebäuden den Ansturm der Fluthen nicht zu überdauern vermochte. Auch der dortige Bahndamm wurde auf eine Länge von 50 m durchrissen.

Deichbrüche kamen an den Flachlandstrecken der Katzbach, des Bober und Queis, sowie der Lausitzer Neifse in aufserordentlich hoher Zahl vor. So waren im Kreise Bunzlau 32 Deich- und Dammbrüche zu zählen, und im Kreise Sagan betrug deren Gesamtzahl sogar 89. Denkwürdig werden vor allem die mehrfachen Deichbrüche bei der Stadt Forst bleiben, die allein im Stadtgebiet eine Gesamtlänge von 620 m erreichten und zur Folge hatten, dafs die Wassermassen der Neifse am 1. August theilweise bis zu einer Höhe von 2 m in den Strafsen der Stadt standen.

Sonst sah es in der Provinz Brandenburg namentlich an der Spree recht schlimm aus. Im Kreise Spremberg waren alle in der Spreeniederung belegenen Wiesen und Felder meterhoch wie von einem Strome überfluthet, und in den tiefer gelegenen Theilen der Stadt Spremberg lief das Wasser in die Hausthüren und Fenster hinein. Am Damm der Eisenbahnstrecke Berlin-Görlitz, der bei Cottbus die Grenze des Ueberschwemmungsgebietes bildet, war der Anstau des Wassers ein so

gewaltiger, dafs sämtliche Häuser der Dorfschaft Kiekebusch bis zu 1 m im Wasser standen und das Wasser über den rechtsseitigen Spreedeich rückläufig nach dem Spreebett überfiel, wobei es den Deich auf etwa 27 m durchbrach und auskolkte.

An der Oder und Unteren Warthe wurden hauptsächlich die Feldfrüchte vernichtet. Die Wiesen an diesen Strömen wurden, ebenso wie der Spreewald, bis zum Winter nicht gänzlich hochwasserfrei.

Näheren Aufschlufs über die Hochwasserschäden möge man in der dem Landtage vorgelegten amtlichen Darstellung suchen. Für den Regierungsbezirk Liegnitz nennt diese allein 5946090 ℳ als Summe der Schäden, die eine Gefährdung Einzelner im Haus- und Nahrungsstande oder doch wenigstens eine besondere Hülfsbedürftigkeit zur Folge hatten und 2274900 ℳ als Summe der Schäden an öffentlichen Anlagen. Dazu sind noch 472000 ℳ für unaufschiebbare Räumungs- und Freilegungsarbeiten in Ansatz gebracht. Im Regierungsbezirk Breslau ermäfsigen sich diese Zahlen auf etwa ein Zehntel: an Schäden, welche die Existenz gefährdeten, ergaben sich 445000 ℳ, an öffentlichen einschliefslich eines Betrages für die unmittelbar zu ergreifenden Vorkehrungen 285950 ℳ. Für den Regierungsbezirk Oppeln stellt sich die letzterem Betrage entsprechende Summe annähernd gleich hoch, nämlich auf 252380 ℳ, während die Verluste an privatem Besitz hier nicht so schwere waren, dafs die Eigenthümer sie nicht aus eigenen Mitteln hätten überwinden können. In entsprechender Weise ergaben sich für die Regierungsbezirke Potsdam und Frankfurt 629000 ℳ und 1881060 ℳ aus öffentlichen Mitteln zu ersetzenden, z. Th. aber schon durch Spenden gedeckten Privatschadens; für Frankfurt kommen hierzu noch öffentliche Schäden in der Höhe von 910900 ℳ. Für die Provinz Sachsen sind an öffentlichen Schäden (Deichbrüchen u. s. f.) 760000 ℳ angemeldet.

Es braucht aber wohl kaum hervorgehoben zu werden, dafs die angegebenen Zahlen die volle Höhe der durch das Hochwasser hervorgerufenen Schäden auch nicht annähernd zum Ausdruck bringen. Denn es sind ja darin alle die mannigfachen Verluste derer nicht enthalten, die für die Gewährung einer öffentlichen Beihülfe nicht in Frage kamen. In der Summe für den Regierungsbezirk Liegnitz sind z. B. auch die Schäden von Grofsgrundbesitzern und Inhabern gröfserer gewerblicher Unternehmungen nicht enthalten, die zwar ebenfalls in ihrer Existenz bedroht sind, denen man aber durch besondere Darlehen helfen will. Nach **Intzes** Uebersichtskarte über die Hochwasserverheerungen beziffert sich allein der im Gewässernetz des Bober und Queis bis zur Stelle ihrer Vereinigung insgesamt angerichtete Schaden auf rund 9 Millionen Mark. Hiervon kommen etwa 1 Million auf den Bober und seine Nebenbäche bis vor die Einmündung der Lomnitz, $1\frac{1}{2}$ Millionen auf Lomnitz und Eglitz, 800000 Mark auf den Zacken und seine Nebenbäche, 900000 Mark auf den Queis bis zur Einmündung des Hartmannsdorfer Wassers, 400000 Mark auf letzteres, im ganzen aber etwa $\frac{7}{10}$ der gemeinsamen Schadensumme auf das Gebiet des Bober und $\frac{3}{10}$ auf das Gebiet der Queis.

So unerwartet aber auch die Wassersnoth vielen blühenden Wohlstand vernichtete, so wenig würde die Vorstellung zutreffen, dafs bei einem derartigen Ereignifs die gewöhnlichen Naturgesetze nun gleichsam anderen den Platz einräumen, die sich jeder Berechnung entziehen. Durch vielfache Hinweise auf das Oderwerk konnte vielmehr hervorgehoben werden, dafs die Hochfluth weder in den einzelnen Gewässern des Oderstromgebietes, noch in dem ganzen Gewässernetz desselben einen Verlauf nahm, der, naturwissenschaftlich betrachtet, irgendwie überraschen könnte. Je weiter aber ein Werk, wie das genannte, eine Vertiefung in das Wesentliche an den Einzelereignissen zu fördern vermag, um so mehr wird es auch seinen Hauptzweck erfüllen und bei der Berathung über die Mafsnahmen zur möglichsten Einschränkung der Hochwassergefahren als treuer und zuverlässiger Wegweiser dienen können.

Halle a. S., Buchdruckerei des Waisenhauses.